TELEMATICA

NUEVAS TECNOLOGIAS

BIBLIOTECA DE ELECTRONICA/INFORMATICA



marcombo



BIBLIOTECA DE ELECTRONICA/INFORMATICA

TELEMATICA



Esta obra es una nueva edición actualizada y ampliada de la obra originalmente publicada por Marcombo, S.A. de Boixareu editores, con el título de «Aplicaciones de la Electrónica»

El contenido de la presente obra ha sido realizado por Marcombo, S.A. de Boixareu editores, bajo la dirección técnica de José Mompin Poblet, director de la revista «Mundo Electrónico»

ISBN 84-7634-485-6 (Obra completa)
ISBN 84-7634-597-6 (Vol. 18)
D. L.: B. 13494-1986

Impreso y encuadernado por
Printer industria gráfica sa Provenza, 388 08025 Barcelona
Sant Vicenç dels Horts 1986

Printed in Spain

Telemática

INTRODUCCION

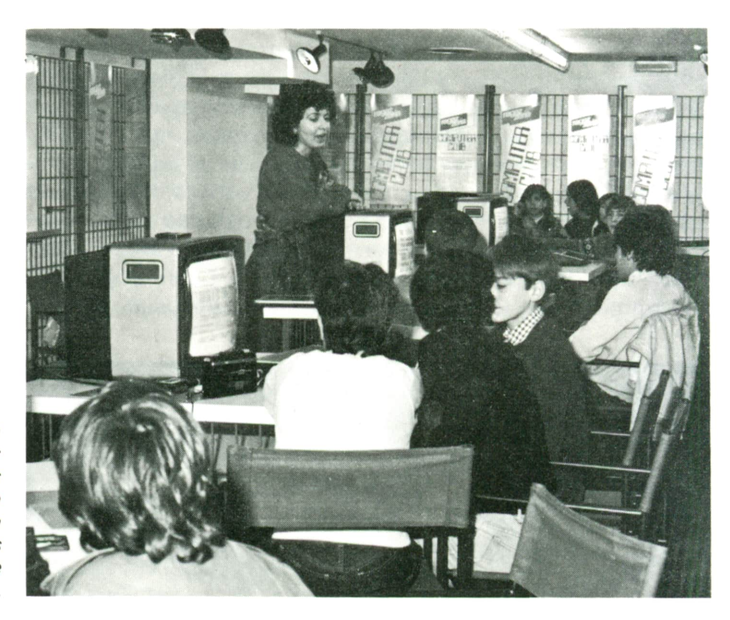
La evolución humana vista desde la óptica que nos dan los albores del año 2.000, sería impensable para nuestros antepasados próximos y cósmica para los más alejados. Esta andadura, día tras día, siglo tras siglo, milenio a milenio, con épocas de retroceso, estancamiento y avances, nos ha traído hasta hoy y se proyecta hacia mañana con tal rapidez que a la mayoría de los humanos nos produce vértigo. Nadie duda de la velocidad de innovación, de la capacidad de adaptación del hombre moderno, pero estos hechos a todos abren gran cantidad de interrogantes que a buen seguro el desgranar de los tiempos se encargará de despejar.



Nave Columbia montada sobre la nave nodriza. Todas las complejas operaciones del proyecto que lleva el mismo nombre, fueron telecontroladas desde un centro de operaciones situado en tierra. Un ejemplo altamente complejo de la «telemática», o informática a distancia.

Los historiadores que han seguido esta evolución, generalmente amantes de etiquetar, enmarcar e interrelacionar acontecimientos, usos y costumbres, han ido jalonando

el pasado con fronteras en el tiempo, dando nombres que han hecho familiares aquellas épocas. Pues bien, tan antigua como el primer hombre o quizá anterior fue la necesidad de comunicación, primero entre ellos, luego entre familias, tribus, naciones, generaciones etc., etc., y así desde el nacimiento, la comunicación se dividía ya en tiempo real o tiempo diferido y aparecían los primeros parámetros que hoy perduran: distancia, velocidad, lenguaje.....



El futuro de la telemática está en manos de las nuevas generaciones, las cuales empiezan a familiarizarse con la informática desde sus primeros años de enseñanza.

Pero no es nuestra intención recrearnos paso a paso por la historia antigua, ni analizar ahora las connotaciones que ciertos hechos pueden tener con las comunicaciones actuales, dando un paso retrospectivo y deteniéndonos en la primera mitad del siglo pasado encontramos ya la «telecomunicación óptica» compitiendo con la lentitud del mensaje a caballo, es decir, la evolución desecha un sistema porque crea otro más útil, o bien crea complementos y más complementos hasta tener un vasto sistema con opciones y alternativas que abundan en la eficiencia.

Como se decía, a principios del siglo XIX en casi todos los

países europeos aparecen unas redes de torres visibles entre sí, cada una con su anterior y posterior, las cuales disponen de una serie de brazos mecánicos o también ventanas que mueven y posicionan para que su estado sea visible por su colateral; el mensaje progresa torre a torre, desde el origen al destino, siguiendo un código secreto y actuando cada torre como repetidor. Este sistema de torres se denominó el *semáforo* y fué quizá el detonante de la ola de innovaciones, perfeccionamiento y aceleración de las modernas telecomu-



Computador de videotexto por teléfono de la firma Loewe. Con este equipo se establece la comunicación entre el usuario y un computador central, o banco de datos. La información es capaz de ser representada en una pantalla y quedar plasmada en una impresora a color.

nicaciones. Simultáneamente aparece la pila, la electricidad, el electroimán y, como colofón, el telégrafo eléctrico basado en la interrupción o paso de corriente detectado en un galvanómetro. Cuando se aumenta la distancia se atenúa esa variación de la aguja del galvanómetro y se debe regenerar la señal. Los electroimanes constituyen una réplica de las

torres intermedias de las redes de semáforos. Surge ya la necesidad de unificar criterios y métodos, y aparece el sistema *Morse*.

El interruptor es un método lento y complejo en su manejo; se inventa el transmisor automático, el cual consta de un teclado como el de la máquina de escribir, al pulsar una letra o carácter el equipo envía automáticamente el código equivalente, la recepción es análogamente automática y para el reenvío y mejor aprovechamiento de las líneas se reciben en cinta perforada.



Los servicios de telebanco o cajeros automáticos, se extienden cada día más permitiendo que un número creciente de usuarios se beneficien de su existencia.

En 1875 Bell inventa el teléfono y el telégrafo pasa de su época de progreso e innovación constante a una regresión y a sistema complementario del nuevo medio; en efecto, el teléfono se establece para distancias cortas y el telégrafo como medio postal rápido para grandes distancias.

Al aparecer la conmutación, amplificación, etc., la telefonía amplía su cobertura, crecen las redes y nace el télex que, al igual que el teléfono, permite el enlace telegráfico entre usuarios de distintas latitudes, salvando este último las fronteras del idioma, dejando constancia escrita y sirviendo como documento de pedido.

Recientemente, ya en la década de 1940 a 1950, aparecen los computadores, primero a válvulas, luego a memoria de ferrita, semiconductores, burbuja magnética, etc. Se aplican primero en la investigación y temas militares y después a aplicaciones comerciales. Para aprovechar mejor los equipos surge la necesidad de compartirlos aprovechando la capacidad y velocidad de éstos. La interconexión entre equipos informáticos no justifica en principio el nacimiento de una infraestructura propia paralela a la ya existente, por lo que utilizando la planta instalada se han ido usando redes de interconexión de computadores con computadores, con terminales, con sistemas de control, etc.



Los computadores situados en puntos distantes, pueden relacionarse entre sí, y efectuar labores de diseño o de control de información, intercambiando los datos elaborados desde lugares diferentes. (Cortesía: Philips).

¿QUE ES LA TELEMATICA?

Son varios los vocablos que en la corta historia recorrida por los computadores se han ido empleando, y no ha sido precisamente el cambio una cuestión de moda sino que ha sido una necesidad lógica para poder ir englobando en una única etiqueta conceptos cada vez más amplios. Desde esa necesidad primaria de interconexión de computadores y

terminales remotos, han ido surgiendo necesidades y aplicaciones que han llevado aparejadas las palabras *Teleproceso, Teletratamiento, Transmisión de datos, Teleinformática* y *Telemática*. Desde luego, sería útil una discusión de los conceptos pasados, aunque por premura de tiempo y de espacio nos enfrentamos directamente al tema de qué se entiende por *Telemática*.



Centro de cálculo con terminales locales y remotos. El personal que maneja estos equipos ha de ser especializado en extremo, ya que manejan una gran cantidad de información, y en ocasiones confidencial.

Los conceptos hasta aquí estables y concretos de Informática y Telecomunicación han evolucionado, o quizá sería más exacto decir que se han expandido en todos los ámbitos, de tal forma que la Informática ha tendido por un lado a acercarse a las telecomunicaciones y éstas, a su vez, a apoyarse en la Informática. Así han nacido nuevos campos y es difícil precisar el marco en que se encuadran, de manera que la Teleinformática es tanto las «telecomunicaciones para la Informática» como la «Informática para las telecomunicaciones». La palabra Telemática se origina en una contracción de Teleinformática, aunque engloba diversos campos: redes de datos, telemedicina, conmutación electrónica, videotex, teletex,... un sin fin de aplicaciones que ya hoy existen y tantos otros conceptos que irán apareciendo.

Servicios

Tal como se ha dicho, Telemática es un concepto tan vivo que aunque engloba una gran cantidad de servicios, ya operativos o en proyecto, otros ni se conocen y éstos bien pudieran desbordar la etiqueta del continente.

Hoy Telemática es: el correo electrónico, telex, teletex, redes de telegrafía privada, facsímil, teleconferencia, televisión por cable, telemedicina, telediagnósticos, bancos de datos públicos, videotex, televenta, transferencia electrónica de fondos, telebanco, telealarma, telemando, telemedida, guía telefónica electrónica, etc. Pero además Telemática es también el enlace de datos entre computadores y terminales, por líneas dedicadas, por redes específicas de datos (Transpac, Iberpac, etc.), por líneas conmutadas, etc. También es Telemática la interconexión de todas las redes, las de telex-telefonía y datos, lo mismo que lo serán las Redes Digitales de Servicios Integrados (RDSI).



Centro de Investigación Conjunta de IBM-UAM (Universidad Autónoma de Madrid), que se aplica a diferentes aspectos prácticos de la vida cotidiana. En la fotografía, un aspecto del sistema de tratamiento digital de imágenes.

Se habla pues de vías de comunicación de gran ancho de banda a bajo coste (fibras ópticas), que permitan al usuario tener un canal de acceso suficiente para cualquier servicio. La ciudad de Biarritz (Francia) en estos momentos está

cableada en fibra óptica. Se va a la digitalización de la voz mediante sintetizadores, compartiendo medios con los datos. Actualmente se utilizan los medios de transmisión de voz adaptados para transmitir datos o informaciones digitales y en un futuro próximo se utilizarán los medios de transmisión digitales para transmitir la voz.

Sería prudente hablar sólo de las tendencias, pues la mera reseña de los grandes cambios conceptuales en las telecocomunicaciones abre tantos interrogantes, expectativas y elucubraciones, que es complicado ver con definición suficiente qué va a deparar el futuro.

REDES DE COMPUTADORES

Las redes de computadores permiten la comunicación entre un conjunto de éstos interconectados por algún procedimiento de los que veremos más adelante. Cada uno de los computadores conectados a la red recibe el nombre de *nodo* de la red y las uniones entre éstos se denominan *enlaces*.

Estos pueden ser punto a punto, si tan sólo comunican dos nodos, situados en los extremos del enlace, o multipunto, si interconectan varios nodos repartidos a lo largo del enlace.

Según el ámbito de la red y el nivel de unión entre los nodos de la misma, distinguimos cinco tipos de redes: *locales, metropolitanas, públicas, insospechadas* y *sin fronteras.*

Redes locales

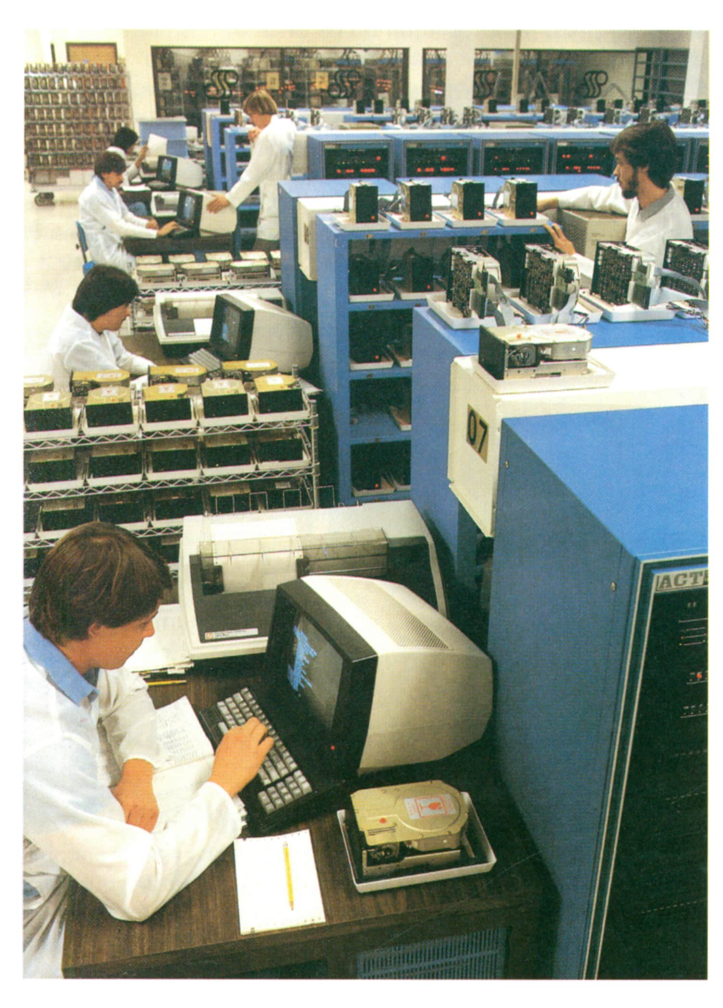
Son las más usuales y aparecen necesariamente cuando una instalación tiene que adquirir un segundo computador para ampliar sus posibilidades de cálculo. Sirven para conectar computadores relativamente próximos, para transmitirse información o compartir recursos (periféricos, líneas de comunicación, terminales, etc.).

La propia proximidad física de los computadores hace suponer que estarán dedicadas a tareas similares o complementarias, pues formarán parte de una sola instalación. Este acoplo entre los computadores hace que sea deseable una alta velocidad de transmisión de datos, normalmente más de

un millón de bits/seg. Esta característica impone una limitación en la distancia máxima que puede separar dos nodos cualesquiera de la red, y hace que las redes locales no sobrepasen un diámetro de 2 km.

Redes metropolitanas

Están pensadas para unir computadores también media-



Los diversos módulos que integran un computador deben probarse primero por separado, y luego formando parte de todo el conjunto, antes de que sean destinados a aplicaciones concretas.

namente acoplados, como en el caso de las redes locales, pero repartidos en edificios distintos; pensamos por ejemplo en una empresa repartida en varios edificios de una ciudad o campus. Las distancias máximas admitidas en este tipo de redes son de 20 km y las velocidades de transmisión no suelen superar los 100 Kbits/seg, aunque el láser y las microondas están abriendo nuevas posibilidades, como veremos más adelante al tratar los medios de comunicación.

Redes públicas

Son las ofrecidas por las compañías de telecomunicación y tienen un ámbito nacional. Esto limita la velocidad máxima de transmisión a 10 Kbits/seg, aunque se pueden conseguir velocidades mayores. A estas redes pueden conectarse un gran número de equipos usuarios, lo que obliga a utilizar nodos intermedios de concentración y/o conmutación y condicionan la topología de la red a un tipo malla o árbol.



La Telemática combina las posibilidades de la Informática y de las comunicaciones a distancia. En el caso de la figura se observa un equipo de diseño elegante, que no desentona en cualquier despacho u oficina.

A través de las redes públicas se pueden crear redes privadas repartidas entre varias ciudades, como ya hacen bancos y aseguradores. Esta posibilidad permite que la red privada distribuya terminales sueltos, conectados directa-

mente a computadores de la red pública y, a través de ellas, a los computadores privados. Tal es el caso de muchos sistemas de teleproceso, del Videotex, del Teletex y de los empaquetadores y desempaquetadores de datos (PAD,s) de las redes públicas.

Redes insospechadas

Son las que no están basadas en conexiones punto a punto ni multipunto, sino en comunicaciones establecidas a través de la red telefónica conmutada (RTC). Estas redes han proliferado con los microcomputadores personales para comunicar los miembros de los clubs de usuarios de un microcomputador o sistema operativo concreto. Su objeto es la esporádica transmisión de ficheros de datos o programas de una biblioteca a un usuario y no requiere mayores complicaciones.

Las redes sin fronteras

Los distintos tipos de redes utilizan también distintos *protocolos* o idiomas para comunicar sus nodos. Si desde un nodo de una red A queremos hablar con un nodo de otra red B, habrá que buscar un nodo intermedio que actúe de retransmisor, traduciendo los protocolos de la red A a los de la B y viceversa. Estos nodos que actúan de relés entre dos redes se denominan *pasarelas* y contribuyen a la creación de «multirredes» de computadores o redes de redes de computadores.

Estas redes de redes son cada vez más frecuentes, conectando redes locales entre sí, con otras metropolitanas o varias redes públicas, para constituir redes internacionales.

MEDIOS FISICOS DE COMUNICACION

La diferencia en el tiempo del nacimiento de la Telefonía y la Transmisión de datos (TD), la gran difusión de la primera frente a la segunda y el rápido crecimiento que está experimentando la TD, entre otros factores, han ido condicionando en todo momento el medio de intercomunicación de los diversos sistemas informáticos. La naturaleza de las señales es completamente distinta: mientras en la

Telefonía la cadencia de aquéllas es variable de forma continua en el tiempo, para la Informática y Tratamiento de la Información las señales son binarias con variaciones bruscas entre los dos estados posibles. Esto conlleva la necesidad de una adecuación de los medios telefónicos en su aplicación a la Transmisión de datos. En la práctica la conversión de las señales digitales a tratables por las líneas de Telefonía se resuelve mediante unos equipos terminales llamados *modems*, normalizados para cada velocidad y modo de trabajo.

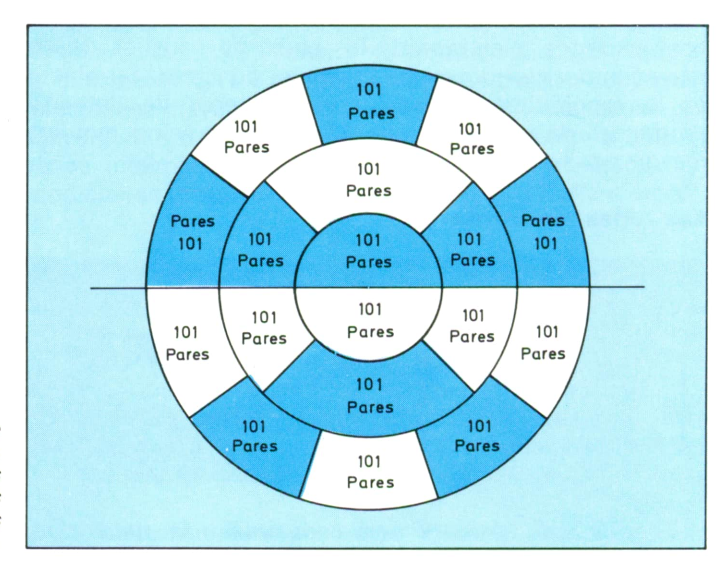


Figura 10. Estructura de un cable de pares, formado por 1818 pares agrupados en 18 grupos perfectamente separados entre sí.

Si bien la transmisión completa de la voz requiere un ancho de banda amplio, del orden de 20 kHz, la voz puede ser perfectamente inteligible con canales de 300 a 3.400 Hz, canales que unas veces pueden resultar excesivos y otras cortos para su utilización en TD. Debe distinguirse entre el canal necesario para el establecimiento de la comunicación y el soporte físico de este canal, significando que con frecuencia varios canales pueden compartir un único soporte como veremos.

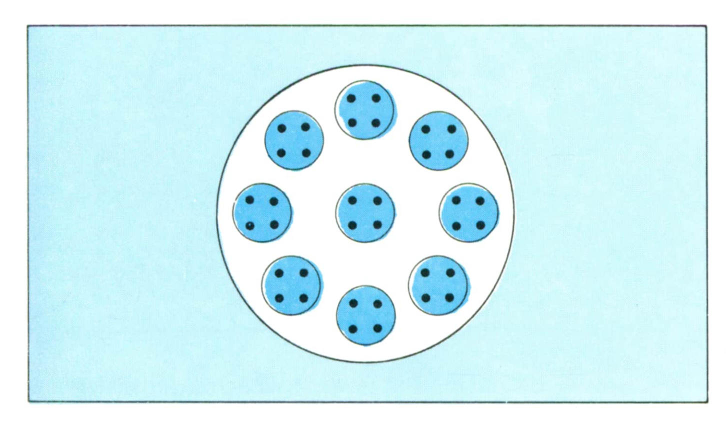
Una primera clasificación de los medios físicos de la transmisión sería:

— Líneas aéreas de hilo desnudo
— Cables de pares
— Cables de cuadretes
— Cables coaxiales
— Sistemas de radioenlace
— Guiaondas
— Fibras ópticas
— Rayos láser

Veamos una breve descripción de cada uno y reseñaremos sus características más relevantes:

Líneas aéreas

Están constituidas generalmente por dos conductores de cobre puro, de diversos calibres (2 ó 3 mm de diámetro) en función de las rutas, los cuales están aislados entre sí y respecto a tierra, estos pares de hilos van soportados por postes de madera, metálicos o de hormigón. En la actualidad están relegados sólo a zonas de escaso tráfico, habiéndose sustituido por otros sistemas en las grandes rutas.



Vista en sección de un cable compuesto por nueve cuadretes aislados entre sí.

Cables de pares

Es el medio más empleado para transmisión en distancias cortas y medias, empleándose cables de mayor o menor número de pares de conductores y distintos calibres de estos conductores. Los pares van arrollados sobre sí mismos, éstos

se asocian formando grupos y el conjunto de grupos forma el cable, pudiendo obtenerse cables de gran capacidad, hasta de 4.800 pares (figura 10).

Los cables de pares pueden ir soportados por postes, grapados a fachadas o subterráneos, dependiendo de la capacidad, distancia a cubrir, etc. Cada par sólo soporta una comunicación en cada momento.

Cables de cuadretes

Estos cables están constituidos por agrupaciones de cuatro hilos como elemento básico, es el cuadrete que a su vez está formado por dos pares. La asociación se consigue por arrollamiento entre sí de los conductores, existiendo dos tipos en la práctica: los denominados en estrella y los de cuadretes DM; cada uno tiene unas características ligeramente distintas, lo que define una especialización de cada tipo.

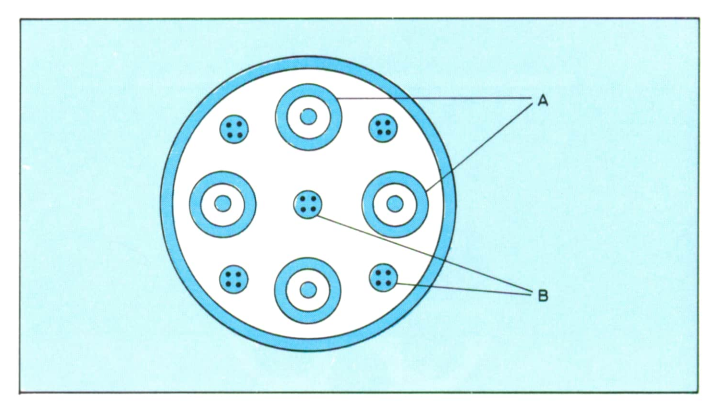


Figura 12. Estructura de un cable coaxial compuesto por cuatro tubos coaxiales (A) y por cinco cuadretes intersticiales (B).

Los cables de cuadrete son de aplicación en distancias medias y largas, pudiéndose emplear en baja frecuencia (cada par una comunicación) o en alta frecuencia (varias comunicaciones simultáneas por par). Hay que señalar que en este tipo de enlace deben ponerse a cierta distancia unos elementos regeneradores de potencia para compensar las pérdidas.

Normalmente estos tipos de cables son subterráneos y han sido desplazados en la actualidad por otros medios.

Cables coaxiales

El cable coaxial está formado por varios tubos coaxiales y una cantidad determinada, en función del tipo, de cable de cuadretes o pares adicionales (figura 12). Estos circuitos adicionales tienen la doble función de elemento de protección mecánica y se pueden utilizar para comunicaciones (figura 13).



Figura 13. Varios tipos de cables coaxiales de los que se emplean en las comunicaciones. Nótese que todo el conjunto se engloba en un mazo perfectamente identificado.

El tubo coaxial está formado por un tubo de cobre y otro conductor cilíndrico del mismo material con eje coincidente con el tubo (figura 14). Los tubos coaxiales se definen por los diámetros del cilindro central y el interior del tubo exterior; éstos están normalizados y permiten entre 480 y 10.800 comunicaciones simultáneas. En razón a la capacidad y la relación entre los diámetros de los tubos, deben ponerse una serie de repetidores que regeneren la señal al igual que cabía efectuar en los cables de cuadretes.

Es pues éste un medio de los denominados de alta frecuencia, puesto que como se ha dicho permite la simultaneidad de varias conversaciones sobre un único circuito físico.

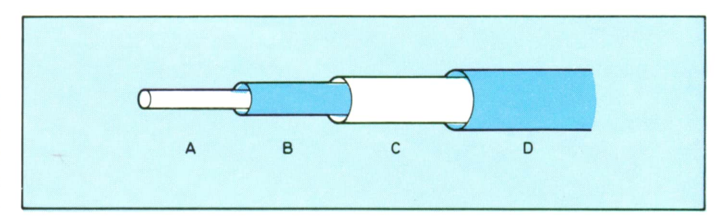
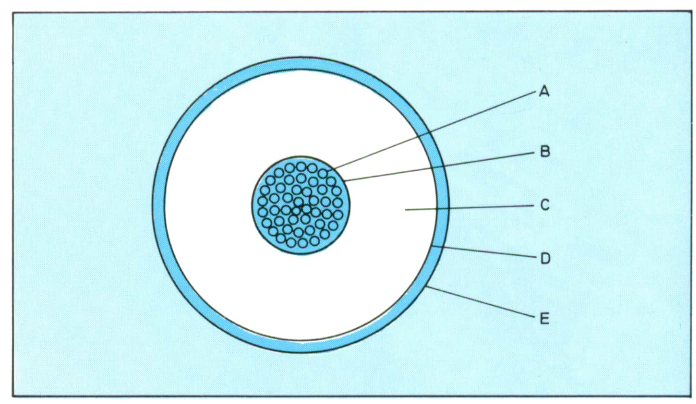
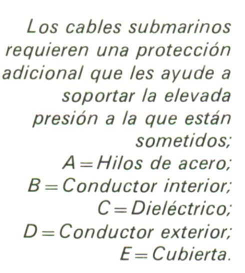


Figura 14. Tubo coaxial en el que se han destacado las cuatro partes fundamentales; A = Conductor interior; B = Aislante de PVC; C = Conductor exterior; D = Cinta de acero.

El método de funcionamiento de este sistema consiste, generalmente, en tomar un tubo para comunicaciones en un sentido y otro en el contrario, por lo que el cable coaxial comporta siempre un número par de tubos.





Los cables submarinos requieren una protección adicional que les ayude a soportar la elevada presión a la que están sometidos; A = Hilos de acero; B = Conductor interior; C = Dieléctrico; D = Conductor exterior; E = Cubierta.

Los cables coaxiales son subterráneos, salvo excepciones en los que se precise otro tipo de tendido.

Un caso aparte lo constituyen los cables submarinos, generalmente formados por un único tubo coaxial, pero con una gran resistencia a tensiones lograda con refuerzo en la armadura y alma del cilindro interior. Como cable coaxial que es, precisa de repetidores colocados a intervalos determinados. La bidireccionalidad del sistema se consigue por separación en dos bandas del número total de canales.



Fase de enterramiento de un cable conductor coaxial. Se procura que el cable no quede retorcido y apoyado en una base firme que no sufra posteriores deformaciones.

Sistemas de radioenlace

Dentro ya de la generación de los cables coaxiales y para la transmisión de grandes cantidades de circuitos aparecen los radioenlaces, de gran profusión hoy día y con frecuencia más baratos que el propio coaxial.

A diferencia de los sistemas anteriores en que la señal en

todo momento se soporta en un medio físico, los sistemas de radioenlace, basados en la propagación de las ondas electromagnéticas, no utilizan como medio guía ningún elemento filiforme.

Históricamente se empezaron a utilizar sistemas de pequeña capacidad, denominados radioenlaces de onda corta, para cubrir grandes distancias. Las ondas de gran potencia son reflejadas en la troposfera y recibidas en la estación lejana, donde son amplificadas y de nuevo reconvertidas a la baja frecuencia original. Hoy son ya pocos los sistemas de este tipo que se instalan.

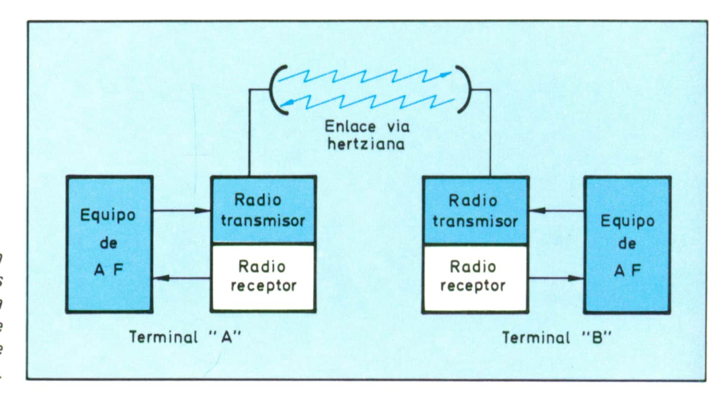
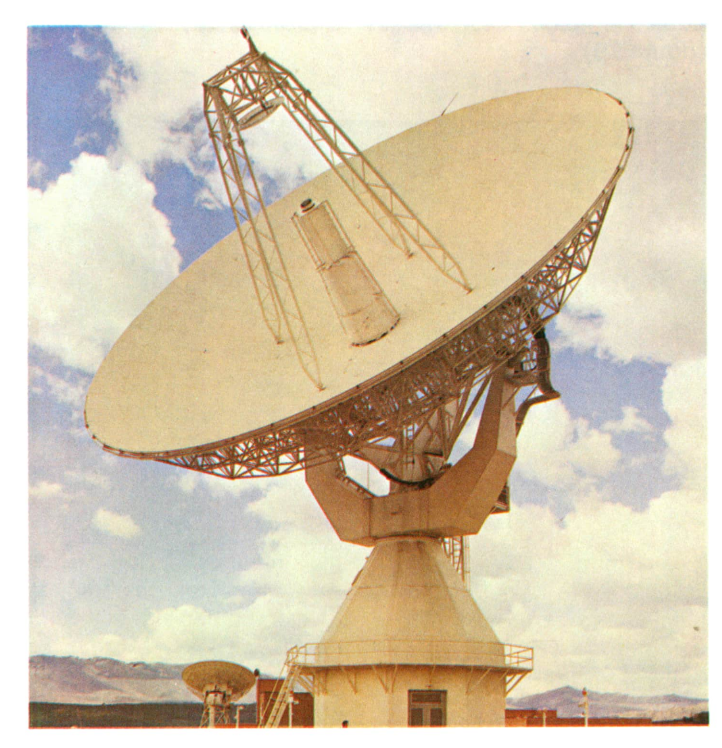


Figura 17. Esquema de un radioenlace terrestre. Las etapas previas a la salida o entrada de la señal de radiofrecuencia son de alta frecuencia.

Con mayor nivel de aprovechamiento existen dos sistemas de radioenlaces que trabajan a frecuencias mucho más elevadas y que tienen aplicaciones distintas. De un lado están los llamados enlaces hertzianos o microondas terrestres y de otro los radioenlaces de satélite, que constituyen la estación de emisión y recepción de los canales de y para los satélites artificiales (figura 17).

En síntesis, este medio de transmisión, denominado óptico puesto que precisa de la visión mutua entre los dos puntos o entre un punto y el intermedio, conlleva la misma complejidad terminal que los sistemas coaxiales, si bien en radioenlaces se precisan una serie de medios más costosos en la estación, como son las antenas parabólicas, equipos de alimentación, ubicaciones singulares, etc., pero en cambio se ahorra tanto en el cable propiamente dicho como en

repetidores intermedios. La distancia entre estaciones de radio (vanos) es del orden de 50 km, frente a los vanos de 1,5 a 9 km de los coaxiales.



Antena de una estación terrena para las comunicaciones vía satélite. Es fácil ver que posee un gran tamaño; ello significa una mayor superficie para captar señales muy débiles.

Las frecuencias de trabajo están entre 2 y 11 GHz con separación de bandas para transmisión y recepción, pudiendo obtenerse radioenlaces con capacidad de hasta 2.700 circuitos telefónicos.

Enlaces vía satélite

Se ha dicho antes que este medio de transmisión requiere visión óptica directa o bien reflejada, este último es el caso de los primeros radioenlaces, los cuales, habida cuenta de la frecuencia empleada, utilizan la troposfera como un «espejo» que refleja las señales transmitidas de un punto hacia otro.

Con mayor complejidad este mismo sistema de la reflexión es el que se emplea para las comunicaciones vía satélite, donde el satélite es precisamente ese «espejo» y de hecho se han realizado pruebas con éxito empleando como satélite la Luna, si bien éste no es explotado comercialmente (figura 19).

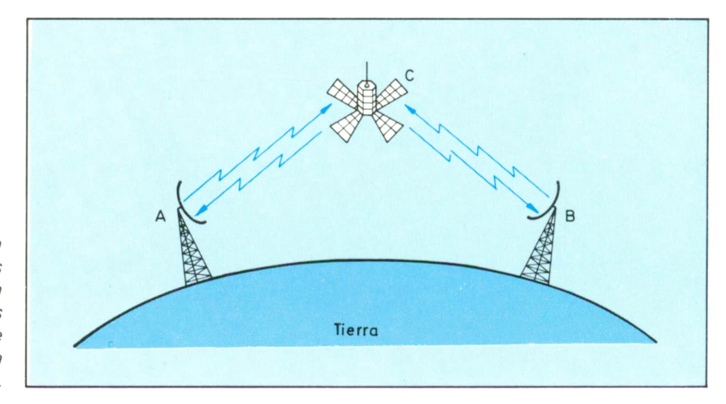
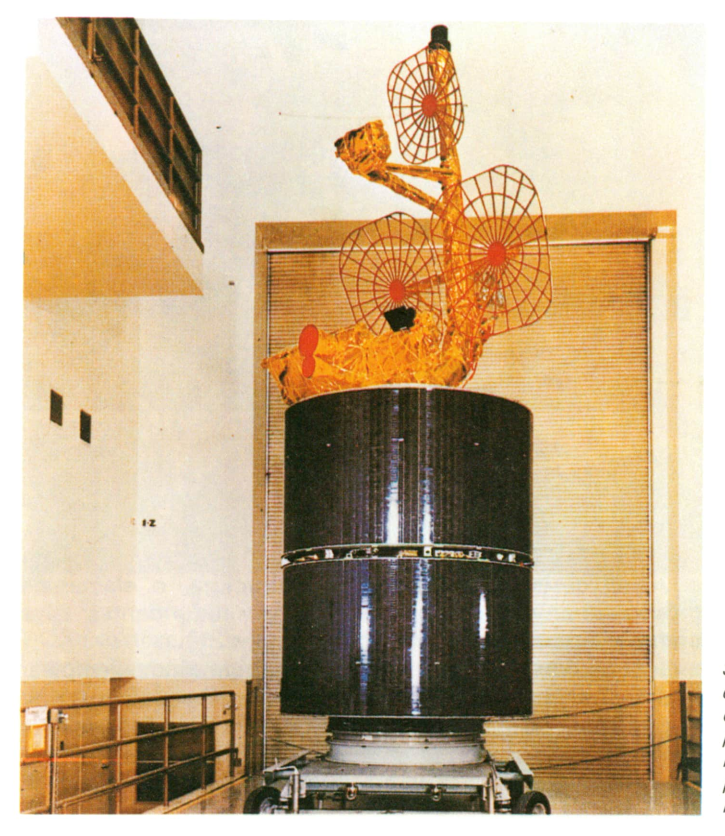


Figura 19. Esquema de un enlace vía satélite. Los puntos A y B representan las dos estaciones terrenas, y C el satélite que se emplea para comunicarlas.

Las comunicaciones por satélites han pasado por varias etapas, en la primera de ellas fueron satélites pasivos, los cuales eran simplemente globos de cubierta metalizada colocados a distancia relativamente próxima a la Tierra, a los que se apuntaba con antenas parabólicas, se les seguía desde su aparición a su ocaso en el horizonte y tenían un período orbital de pocas horas, hasta los satélites activos con órbita de 24 horas, llamados *geoestacionarios* por permanecer prácticamente «colgados» sobre el mismo punto de la Tierra a una altura de 36.000 km, lo que implica una regeneración de la señal en el satélite al tiempo que un cambio en las frecuencias de la señal recibida a la reenviada.

La mayor complejidad de las estaciones de recepción, estaciones terrenas, respecto a los radioenlaces terrestres, viene de los niveles de señales que se reciben y del grado de precisión con que se necesita trabajar, las antenas parabólicas son mucho mayores y las frecuencias de trabajo obedecen a una «ventana» de mínima atenuación a su paso por la ionosfera. Al objeto de evitar interferencias y perturbaciones, las estaciones terrenas se colocan en puntos

alejados de zonas urbanas, carreteras o industrias y con un alto grado de visión en el horizonte. Desde estos puntos hasta los centros de distribución y reencaminamiento se emplean cualquiera de los sistemas ya mencionados: radioenlaces, cables coaxiales, etc.



Satélite INTELSAT IV empleado como reemisor de comunicaciones. En la parte superior se observan las antenas que sirven para emitir o recoger los mensajes.

Pero no sólo este tipo de comunicaciones se emplea para enlaces Tierra-Tierra, o Tierra-Mar sino que es cada día más frecuente la recepción de datos o el empleo de canales de telemando y telemedida con estaciones terminales a bordo de cápsulas o sondas espaciales de investigación.

Comunicaciones vía radio

La propagación de ondas electromagnéticas obedece a diversas leyes y su alcance es distinto en función de su frecuencia; la evolución ha ido llevando este medio de comunicación a la bidireccionalidad, siendo en los servicios móviles de telecomunicación donde más auge tiene hoy día, no obstante este medio también puede ser empleado para transmisión de datos y de hecho hay redes muy importantes que lo emplean. A diferencia de los radioenlaces ópticos, en las redes vía radio no es necesaria la visión directa.

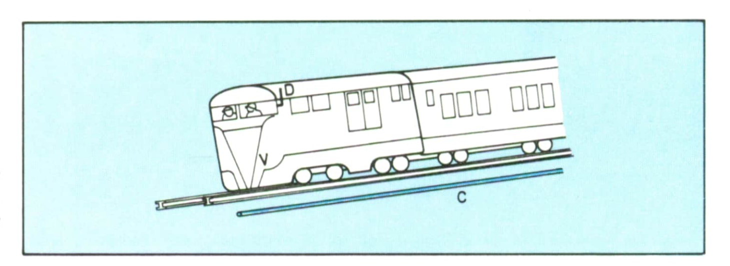


Figura 21. Enlace de telemando vía radio para un ferrocarril suburbano. En la parte delantera superior del vehículo se observa el dipolo del sistema móvil (D), y debajo, el cable coaxial radiante (C).

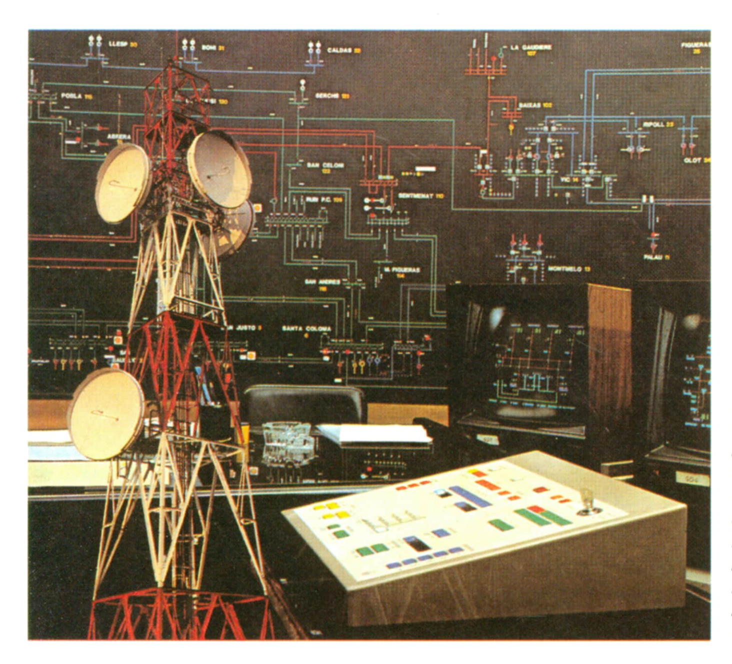
La cobertura, ruidos, interferencias y demás parásitos afectan más a este medio que a los antes mencionados, alámbricos u ópticos, sin embargo tiene su aplicación en aquellos casos de falta de infraestructura, o elementos móviles, o en sistemas muy selectivos y redundantes, tales como telemandos en ferrocarriles (figura 21).

La forma de trabajo de estos sistemas consiste en emplear una frecuencia de difusión hacia los terminales y en recibir por un canal de acceso múltiple (RED ALOHA, Ferrocarriles Metropolitanos, etc.) desde los terminales remotos.

Guiaondas

En línea con los sistemas de cables coaxiales, los sistemas de guíaondas empleados hoy día en trayectos muy concretos, como bajadas de antena, enlaces de emisores, etc., son quizás uno de los sistemas futuros de gran capacidad; en esencia es una cavidad generalmente de base resinosa, con metalizado interior de cobre, sección cuadrada, elíptica,

circular o rectangular, en uno de cuyos extremos se ubica un sistema radiante (pequeña antena) mientras que la propagación confinada al interior del sistema es recibida en el extremo remoto.



La documentación sobre el estado de una compleja red eléctrica, se manipula con facilidad mediante un computador, aprovechando la información que se recoge en la central por los enlaces de microondas. (Cortesía: Enher).

Su aplicación sería correcta en zonas urbanas donde se podría llevar la guía enterrada con regeneración en intervalos de 15 km. Se estima que el ancho de banda útil en la guíaonda es del orden de 8 Gbits/seg bidireccional con un total de unos 100.000 circuitos telefónicos, o hasta 260.000 circuitos si se trabaja en la gama de frecuencias de 50 a 100 GHz.

Las dimensiones externas de la guía dependen de la gama de frecuencia, yendo desde unos 5 cm a algunos milímetros de diámetro.

Comunicaciones electroópticas

El desarrollo de los dispositivos de estado sólido como

elemento transductor de una potencia eléctrica en una potencia óptica, en los años 60 abrió un nuevo campo en las comunicaciones al permitir utilizar frecuencias muy elevadas y un ancho de banda grande; no obstante, debió dejarse pospuesto a la espera de nuevos avances.

En efecto, el láser, los diodos LED, los fotodetectores, etc., son elementos capaces de la conversión de fotones a electrones o al revés, lo que permite la variación de alguno de los parámetros de la señal con la información a enviar, el medio que separa a ambos dispositivos afecta a la comunicación en sí de tal forma que aún hoy no tiene aplicación terrestre el enlace directo, sí en cambio en comunicaciones en el espacio exterior, satélite-satélite; en cambio, estos dispositivos enlazados por fibras ópticas como veremos no sólo dan un comportamiento fiable sino que incluso son competitivos y técnicamente aplicables.

No obstante, en distancias muy cortas sí son de aplicación los dispositivos optoelectrónicos como medio de comunicación, siempre que lógicamente exista visión directa, tal es el caso de controles remotos, detectores, contadores, etc., que habitualmente trabajan en el infrarrojo.

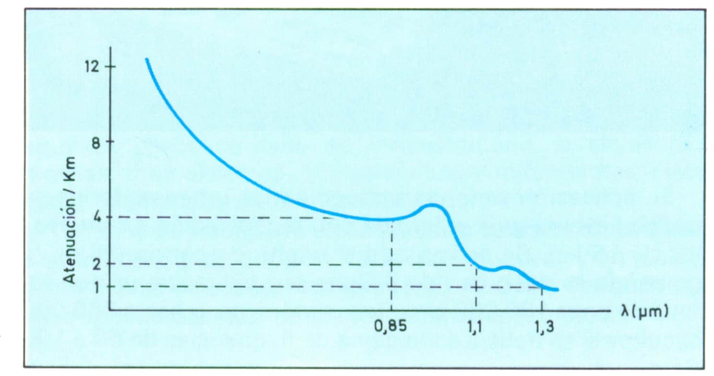
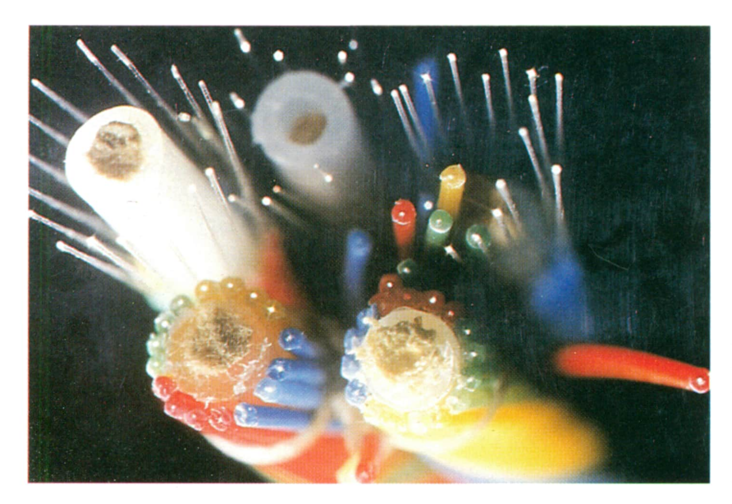


Figura 23. Curva representativa de la atenuación media en dB/km, en función de la longitud de onda de la frecuencia que circula por una fibra óptica.

Fibras ópticas

Los dispositivos optoelectrónicos, aun siendo capaces de generar y detectar señales de tipo luminoso con información, por las limitaciones de atenuación, difracciones, interferen-

cias con las partículas ambientales, etc., no tuvieron aplicación inmediata en comunicaciones. Mediada ya la década de los 60 se empiezan a obtener una serie de resultados esperanzadores en el campo del silicio en cuanto a técnicas de estirado, purificación, etc., lo que dejaba entrever un sistema continuo capaz de confinar en su interior una señal luminosa y guiarla de un extremo a otro.



Amplio muestrario de fibras ópticas utilizadas en la comunicación de datos, informática, telefonía y demás sistemas de transmisión. (Cortesía: Standard Eléctrica).

A principio de la década de los 70 se logra bajar de pérdidas enormes a atenuaciones del orden de 20 dB/km, logro muy importante que, a pesar de no ser definitivo, daba el camino que llevó hasta la situación actual, con pérdidas del orden de 0,4 dB/km y pequeñas dispersiones. Se trabaja en frecuencias cada vez más elevadas y con materiales de dispersión mínima (figura 23).

Un sistema de transmisión por fibra óptica constará pues de un emisor que puede ser un diodo LED, un diodo láser, etc., la fibra propiamente dicha y el fotodetector para paso de señal óptica a eléctrica.

La fibra óptica en sí es un hilo de vidrio, constituido por dos materiales cada uno con un índice de refracción distinto y un rayo de luz inyectado en un extremo, que por diferentes reflexiones y refracciones entre los dos medios es confinado al interior de la fibra. El índice de refracción se consigue

por adición al material puro de distintas concentraciones de impurezas y mediante un estirado.

Actualmente existen tres tipos de fibras: dos para trabajo en multimodo y una para monomodo. Las dimensiones oscilan entre 100 ó 200 μm externa y 30 a 80 μm interior. Las fibras de gradiente son de capacidad superior a las de salto y son las monomodo las de mayor capacidad (figura 25).

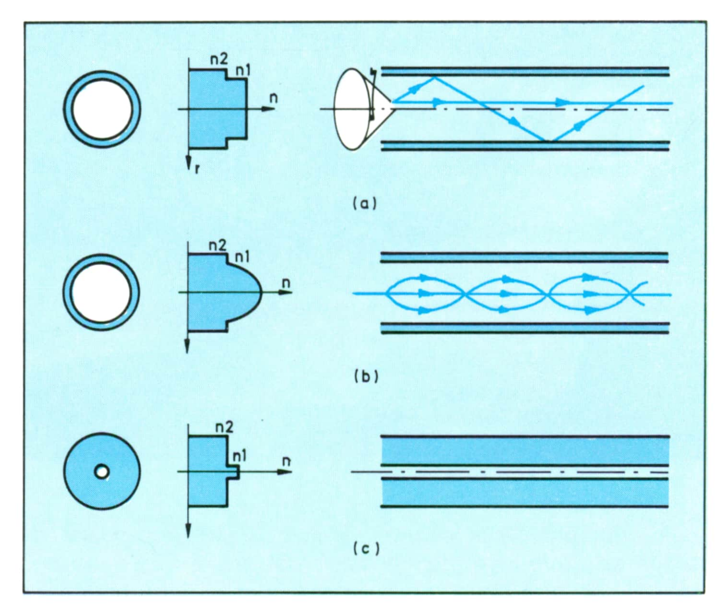


Figura 25. Varios tipos de fibra óptica;
a) Fibra óptica multimodo por salto de índice;
b) Fibra óptica multimodo por gradiente de índice;
c) Fibra óptica monomodo.

Los cables de fibras se constituyen según el número de fibras en tres familias: estructura clásica, idéntica a los cables de hilo de cobre para pequeña capacidad, estructura en cinta y estructura de ranura helicoidal.

TOPOLOGIAS DE REDES DE DATOS

Tras la descripción realizada de los medios físicos de comunicación, que nos ha dado una visión de las posibilidades de interconexión física de los nodos de una red de datos,

vamos a clasificar las redes en función de la forma en que se interconectan los nodos de la misma. En general existen dos grupos de redes, aquellas en las que cada nodo se encuentra conectado a alguno(s) de sus vecinos mediante sendas conexiones punto a punto, y aquellas en las que muchos nodos están conectados «en paralelo» al mismo canal de comunicación, redes multipunto.

Topologías de redes punto a punto

En estas redes cada nodo tan sólo se puede comunicar directamente con los nodos vecinos a los que está conectado, para intercambiar información con el resto de los nodos de la red debe hacerlo a través de sus vecinos, utilizándolos como «repetidores». Este procedimiento es el único viable en

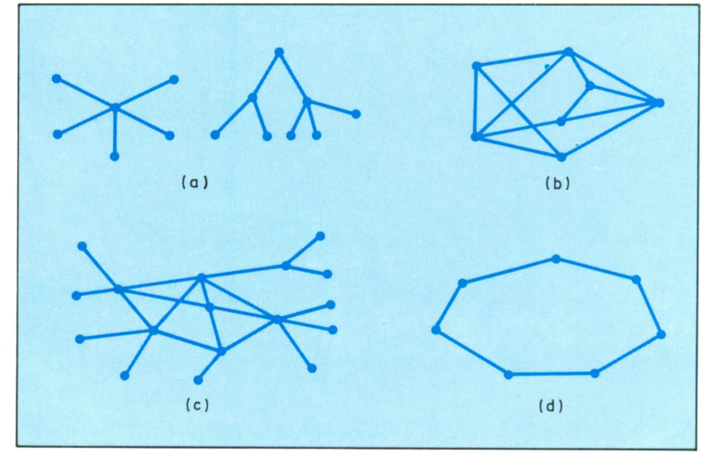


Una de las aplicaciones más conocidas de la telemática, es en la banca. Cada día miles y miles de operaciones bancarias se realizan a través del cable telefónico, los satélites o las redes locales. (Cortesía: NCR).

redes públicas muy amplias, pues permite comunicar nodos muy distantes. En contrapartida tiene el inconveniente de obligar a todos los nodos a estar siempre dispuestos a dedicar parte de su tiempo a retransmitir las informaciones que les llegan y que no van destinadas a ellos. Ahora vamos a describir brevemente los casos más frecuentes.

Estrella o árbol

Es aquella que tiene un nodo central por el que pasa la mayor parte del tráfico de la red (figura 27*a*). Se emplea en todo tipo de distancias, siempre que el volumen de datos transmitido no sea muy grande pues, lógicamente, el nodo central constituye un cuello de botella, o cuando existe una fuerte jerarquización de funciones y la mayor parte de las comunicaciones son entre el nodo central y el resto de nodos. Tiene el inconveniente de que la caída del conmutador central deja inutilizada la red.

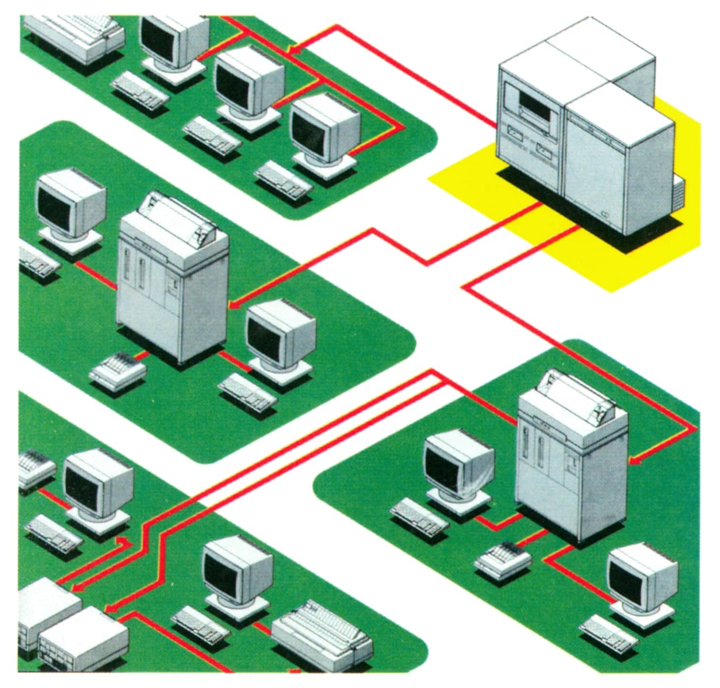


Topología de redes punto a punto; a) Estrella o árbol; b) Malla; c) Mixta malla/estrella; d) Anillo.

Malla

Es la versión opuesta a la anterior, pues en el caso extremo supone la conexión física de todos los nodos entre sí (figura 27*b*). Habitualmente esta conexión de todos con todos es excesivamente cara, y se intenta reducir el número de

conexiones necesarias al mínimo imprescindible para que la caída de un nodo o una conexión no deje incomunicados al resto de los nodos de la red. Se emplea cuando el volumen de tráfico es grande y las comunicaciones no están polarizadas hacia un solo nodo. Tiene la ventaja de la fiabilidad al ofrecer caminos alternativos para comunicar los



En este dibujo esquemático se observa la dependencia de los minicomputadores de los computadores más potentes, y éstos, a su vez, de un único computador central. El conjunto, forma una red local (un mismo edificio, una ciudad, una provincia, nación, etc.).

nodos, y el inconveniente de obligar a los nodos intermedios a hacer de repetidores y canalizadores de un tráfico de datos que no les concierne.

También es frecuente encontrar una mezcla de esta topología con la de estrella. Consiste en conectar en forma de malla los nodos centrales y formar ramificaciones arborescentes hacia los nodos extremos (figura 27*c*). Esta topología mixta permite reducir los costes de conexión de los nodos periféricos, garantizando el funcionamiento de la mayor parte de la red aunque caiga un nodo.

Anillo

Es un caso particular de la topología de malla en el que se ha reducido el número de conexiones al mínimo, pues cada nodo sólo está conectado con los dos más próximos a él cerrándose un lazo entre todos (figura 27*d*). Se emplea en distancias cortas y medias con todo tipo de tráfico, pues reduce al mínimo el problema de encaminamiento de los datos y mantiene descentralizado el control de la red, con lo que la fiabilidad de la misma es aceptable, especialmente si la comunicación entre los nodos puede ser bidireccional (doble anillo), o si se garantiza la libre circulación de los bits, al desconectar un nodo mediante un puente pasivo.

Redes Multipunto

Como ya hemos dicho, son aquellas en las que todos los nodos comparten un medio de comunicación común. Son las ideales para las redes de ámbito reducido o local, pues permiten enviar mensajes a todos los nodos a la vez y ahorran trabajo a los nodos, ya que ninguno debe hacer de

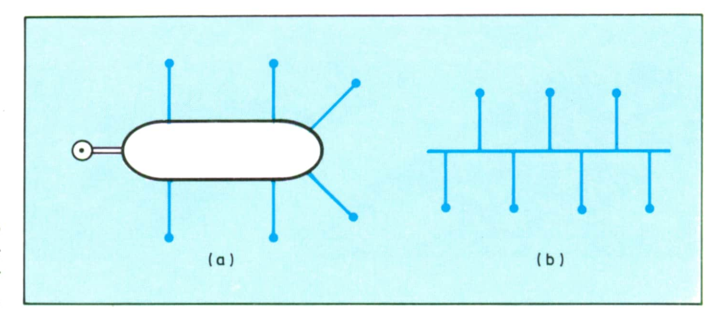


Figura 29. Topologías de redes multipunto en las dos formas clásicas: a) anillo; b) bus.

repetidor. Como en las redes punto a punto también ahora hay inconvenientes que casualmente son contrapuestos a los del caso anterior, puesto que estas redes multipunto, al tener muchos receptores en paralelo, no pueden alcanzar grandes distancias. No obstante, un caso particular de las redes multipunto son las redes radio o satélite, en las que las distancias prácticamente no tienen límite. Distinguiremos dos casos típicos: *lazo* y *bus* o *multipunto*.

Lazo

Es una variante del anillo, empleada en distancias cortas en las que la baja atenuación permite conectar todos los nodos al mismo cable (figura 29*a*). Hay un nodo que arbitra el uso del cable común por los nodos que «cuelgan» de él, lo cual reproduce el problema de la centralización de la gestión de la red y el peligro de dejarla completamente inutilizada si cae el árbitro controlador. Tiene la ventaja de



Computador personal, que vía telefónica es capaz de conectar con las redes de datos para proporcionar y procesar una información complementaria. Puede utilizar también adaptador acústico telefónico, para la transmisión de datos. (Cortesía: Standard Eléctrica).

suprimir completamente la función de repetidor de los nodos, salvo del árbitro, y permite enviar datos simultáneamente a varios o a todos los nodos de la red, con el consiguiente aumento de rendimiento del canal de comunicación.

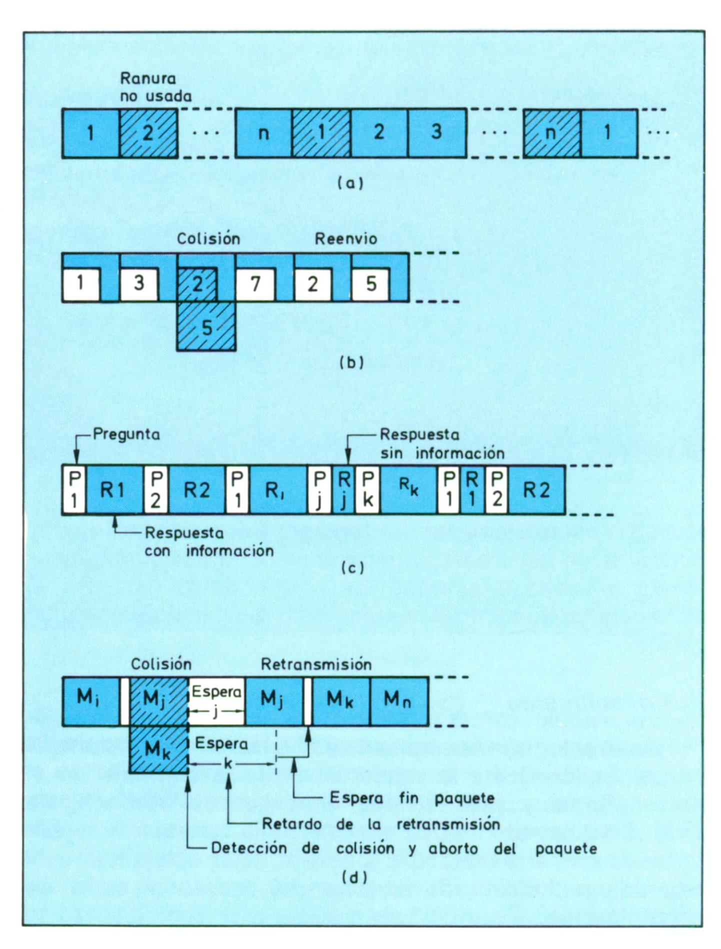
Bus o multipunto

Es la topología más empleada a nivel local o en distancias cortas. Es idéntica a la estructura de lazo, suprimiendo el nodo árbitro y dejando los extremos abiertos (figura 29*b*). Esto permite reducir el coste de la conexión y, sobre todo, da mayor fiabilidad a la red al dejar completamente repartida la función de arbitraje del acceso al canal de comunicación.

PROTOCOLOS

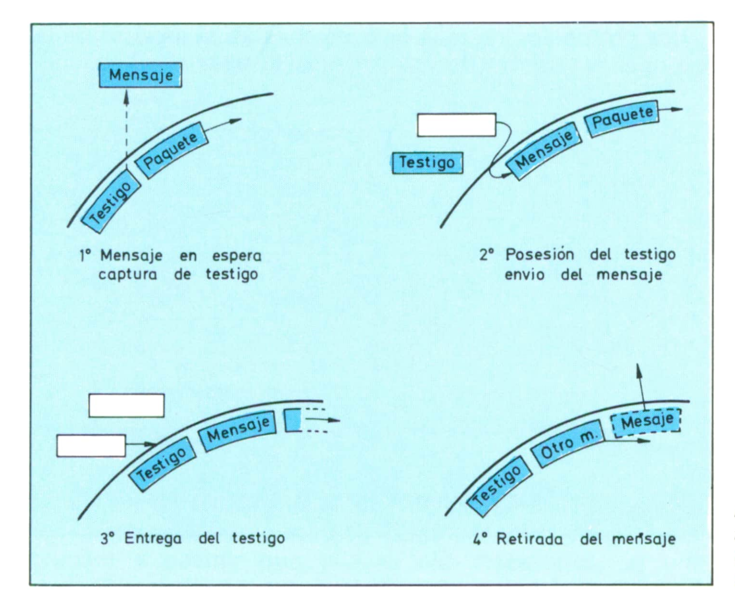
Una vez visto qué podemos comunicar y de qué manera podemos interconectarlo, vamos a describir las características de los lenguajes que se deben utilizar para conseguir un entendimiento a través de dicha interconexión.

Si en vez de computadores hablásemos de personas, diríamos: hasta ahora hemos visto cómo se pueden poner en contacto, por teléfono, radio, cara a cara, reuniones, etc., y



Protocolos de acceso a una red multipunto: a) Ranuras (slots) asignadas. Tan sólo se usa la ranura (no marcada) si en el nodo al que ha sido asignada tiene algún paquete para enviar. Evita toda colisión entre paquetes, b) ALOHA ranurado. Las ranuras no han sido asignadas previamente a ningún nodo, con lo que dos o más de ellos pueden ocupar el medio simultáneamente (zona marcada), perdiéndose la información de ambos. c) Interrogación (pooling). Un nodo árbitro va interrogando (P_1) al resto de los nodos para que envíen un paquete o indiquen que no tienen nada para enviar (R_1). Se han marcado los paquetes que no contienen información útil a los niveles superiores. d) CSMA/CD. Detección de colisión. Se producirá colisión siempre que haya más de un nodo esperando (zona marcada).

veríamos lenguajes que debían utilizar en cada caso: castellano, inglés, electrónico, jurista, etc., y lo que se puede transmitir mediante ellos.



Protocolo de entrega de testigo, en donde se observan las cuatro fases de la impresora.

Concepto y modelo de referencia

En la comunicación a través de redes de datos debemos distinguir dos tipos de protocolos:

— Punto a punto o local.

— Extremo a extremo.

Utilizando nuevamente el símil del teléfono, un protocolo punto a punto nos permite solicitar a la central que nos conecte con el abonado deseado y a aquélla transmitir nuestra solicitud a otra central intermedia, y así hasta llegar a la central del abonado solicitado. Un protocolo extremo a extremo permitirá a nuestra operadora y a la del otro abonado ponerse de acuerdo sobre las personas que desean interconectar, y finalmente nos permitirá conversar con la persona deseada (figura 33).

Volviendo a las redes de computadores, las organizacio-

nes internacionales de normalización, en un afán de simplificar y unificar las tareas de diseño de los lenguajes para la comunicación entre computadores, han dividido el problema en siete niveles de protocolos, cada uno de los cuales tiene unos objetivos bien concretos (figura 34).

Los protocolos de más bajo nivel están al servicio de la red, mientras que los de más alto nivel lo están al del usuario.

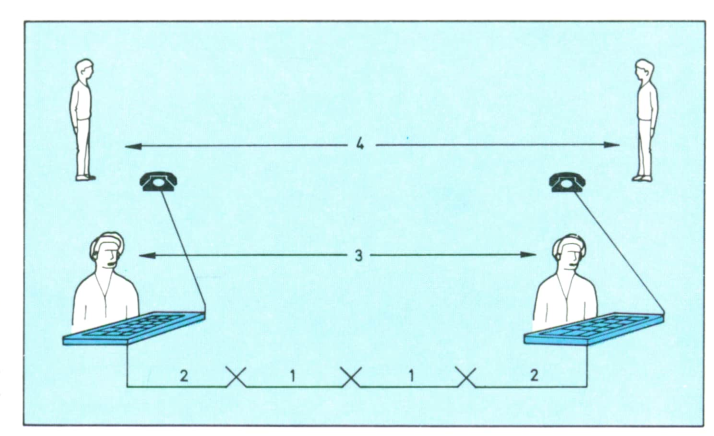


Figura 33. Símil telefónico para ilustrar los distintos tipos de protocolos de una red de computadores. Punto a punto, o local: 1 = Entre centrales; 2 = Entre central y abonado. Extremo a extremo: 3 = Entre operadoras; 4 = Entre usuarios.

Los niveles 1 y 2, físico y enlace respectivamente, son puramente punto a punto, pues garantizan la transmisión de datos entre dos nodos de la red directamente conectados. El nivel 3, de red, es el que permite al usuario el control de la red, de manera que pueda establecer, mantener y liberar comunicaciones con los terminales de destino deseados.

El protocolo de nivel 4, transporte, permite seleccionar el destinatario adecuado dentro del computador llamado cuando hay varios usuarios compartiendo un mismo canal de comunicación entre dos terminales, y es el protocolo de más bajo nivel de los extremo a extremo. Los protocolos de niveles 5, 6 y 7, sesión, presentación y aplicación, garantizan el diálogo inteligible entre dos partes de una aplicación o entre dos aplicaciones residentes en distintos computadores. El nivel de sesión permite controlar quien tiene derecho a «hablar» y en qué momento se puede interrumpir a quien lo está haciendo. El nivel de presentación compatibiliza la forma de codificar las informaciones en dos aplicaciones

distintas y el nivel de aplicación ya es específico de los interlocutores conectados.

Como vemos, cada nivel de protocolo tiene una función específica que se traduce en un determinado *servicio de comunicación* para los usuarios del nivel. Ahora vamos a ver con mayor detalle cuáles son éstos servicios, lo cual nos ayudará a decidir qué niveles son necesarios en una aplicación concreta.

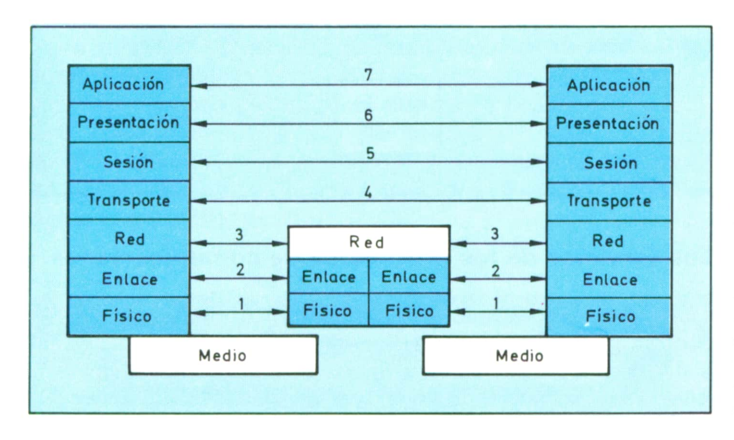


Figura 34. Modelo de referencia de la Organización Internacional de Normalización (ISO) para la interconexión de sistemas abiertos (OSI), es decir, computadores accesibles a través de una red de datos.

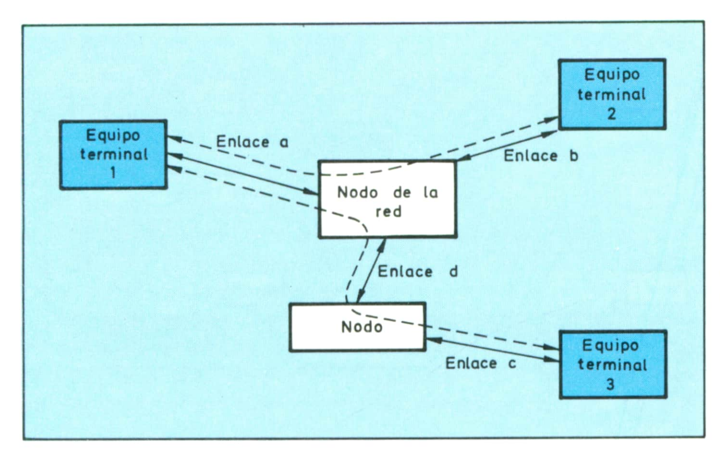


Figura 35. A través del enlace «a» se transmiten simultáneamente dos conexiones lógicas: una entre los terminales 1 y 2, y otra entre el 1 y el 3, gracias al protocolo de red empleado por los tres.

Figura 36. A través de una sola conexión lógica de nivel de red, entre dos terminales 1 y 2 pueden coexistir dos comunicaciones de nivel transporte entre dos aplicaciones distintas.

Los servicios de los protocolos de comunicaciones

Más que analizar el servicio ofrecido por cada nivel de protocolo, vamos a describir el servicio ofrecido por el sistema de comunicación a los usuarios de un determinado nivel y sus inferiores.

El *servicio de enlace* será el ofrecido por los niveles físico y

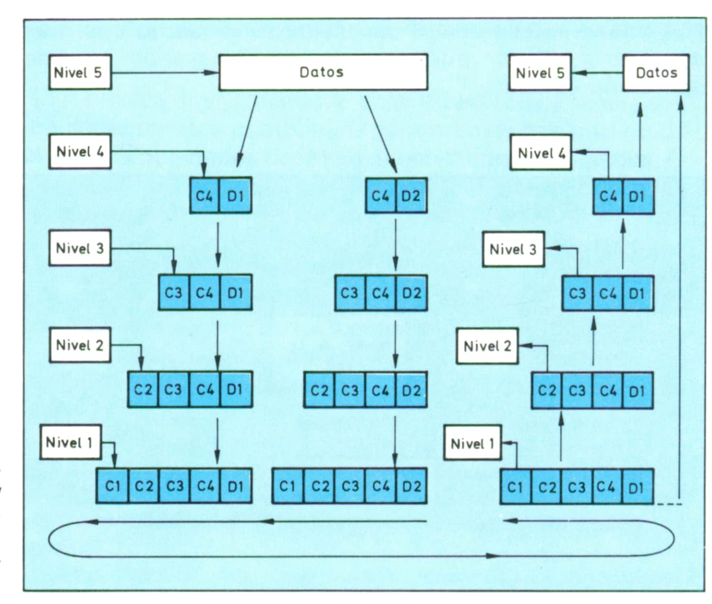


Figura 37. Cada etapa de comunicación añade una cabecera nueva a los datos que recibe del nivel superior, y suprime la cabecera, a ella destinada, de los paquetes servidos por el nivel inferior.

de enlace y garantiza la transmisión de datos entre dos nodos directamente conectados. En las redes multipunto es suficiente para llegar al otro extremo de la conexión.

El *servicio de red* permite la conexión libre de errores entre los terminales extremos. Se encarga de buscar el camino más adecuado para hacer llegar los datos al extremo distante en cada momento. Permite que coexistan varias conexiones lógicas simultáneas, con distintos terminales remotos, sobre un mismo enlace físico con el nodo más próximo (fig. 35).

El *servicio de transporte* permite hacer llegar los datos hasta la aplicación concreta deseada. Respecto al servicio de red presenta la ventaja del direccionado lógico frente al físico (figura 36).



Concentración de funciones de los computadores en el centro de cálculo de una empresa. El ambiente que se crea en la sala de computadores, está lejos del ruido de las clásicas máquinas de escribir. (Cortesía: Secoinsa).

El *servicio de sesión* evita que los dos extremos de la aplicación transmitan datos simultáneamente, y fija periódicamente los puntos a partir de los que se debería reanudar la comunicación si ésta se cortase.

El *servicio de presentación* traduce las preguntas y respuestas de cada aplicación a formatos normalizados dentro de la red. Así, por ejemplo, cambiará las secuencias de control de una pantalla o los parámetros de apertura de un fichero.

El empaquetado de los datos

En todas las redes de datos, para tener una mayor protección contra posibles errores y para poder multiplexar varias conexiones lógicas sobre un mismo enlace-físico, los datos se transmiten en paquetes de un tamaño fijado.

Así pues, la información transmitida por un usuario es dividida en fragmentos que son enviados al otro extremo a través de las distintas capas de comunicación (figura 37). Cada capa añade una cabecera a los datos que recibe de la capa superior. De esta forma se confecciona un paquete del nivel de comunicación correspondiente que será interpretado por la entidad de protocolo del mismo nivel en el extremo distante. Es como si cada servicio de comunicación pusiera la información a transmitir en un sobre nuevo, dirigido a su interlocutor distante, el cual «romperá» el sobre para extraer la información y entregarla a su usuario (figura 39).



Figura 39. Analizador de protocolos. Permite «ver» los paquetes de datos transmitidos a través de un enlace de red.

LA COMPETENCIA POR UN MEDIO COMPARTIDO

En la mayoría de las redes locales el medio físico de comunicación entre los nodos es común. Este hecho hace necesario establecer un protocolo que permita compartir dicho medio de comunicación entre todos los nodos de la

red. Este protocolo junto con la topología constituyen las características más importantes de una red local. Ahora se estudiarán los protocolos más empleados en los dos tipos de topologías más frecuentes: multipunto (bus) y anillo. Pero antes debemos indicar que todos ellos son protocolos orientados a la transmisión de paquetes de datos.

Los nodos de esta topología se caracterizan por emitir al medio de comunicación sólo cuando tienen un mensaje propio para transmitir. El resto del tiempo están simplemente recibiendo la información transmitida para almacenar la que les pueda ser enviada desde otro nodo.

Según el tipo de información que se obtenga de la escucha del medio de transmisión y su incidencia en el protocolo, hay cuatro posibles protocolos de acceso a una red multipunto.

La Civilizada y pacífica cola: ranuras

Este protocolo es similar al procedimiento de multiplexado en el tiempo, ampliamente empleado en telefonía. Consiste en dividir el tiempo en *ranuras* (slots) de duración fija e igual al tiempo necesario para transmitir un paquete de datos. Estas ranuras se asignan de forma que cada nodo puede emplear una de cada *n* ranuras, siendo *n* el número de nodos de la red.

Tiene la ventaja de ser muy fácil de controlar y de permitir un gran aprovechamiento del medio en condiciones de carga muy grandes y uniformes, cuando todos los nodos tienen siempre algo para enviar. No obstante, esta ventaja es al mismo tiempo un inconveniente, pues no es frecuente que estas condiciones de carga se produzcan y lo normal es que muchas ranuras de tiempo no se usen para transmitir datos, obligando a otros nodos a esperar inútilmente.

Una variante de este método consiste en no asignar las ranuras a ningún nodo, de forma que cuando un nodo tiene un paquete para enviar espera el inicio de la próxima ranura de tiempo y lo envía, con lo cual sólo será recibido correctamente por el nodo receptor si era el único nodo que estaba esperando para enviar un paquete. De no ser así, se habrá enviado más de un paquete simultáneamente y no se habrá podido recibir ninguno de los dos, por lo que deberán ser retransmitidos tras esperar inútilmente el reconocimiento (*acknowledge*) del nodo receptor. Este método es el

empleado en la red radio ALOHA, que comunica computadores repartidos por las islas Hawaii y permite un aprovechamiento del 36,8 % del medio de transmisión, en caso de que haya un gran número de nodos conectados.

La tímida interrogación

Para evitar esta gran pérdida de tiempo se puede introducir un árbitro en la red que vaya interrogando (*polling*) al resto de nodos de la red. Estos contestarán enviando un paquete o renunciando al derecho a usar el medio. Esta técnica permite al nodo interrogador adaptar el orden de interrogación a las necesidades actuales de cada nodo. De esta forma los nodos inactivos serán interrogados con una frecuencia menor que los nodos más activos. Esto permite aprovechar mejor el medio, aunque la sobrecarga introducida por las preguntas y respuestas que no contienen información es considerable.

El enfrentamiento dialéctico: la escucha del medio

Consiste en comenzar a emitir tras detectar un período de tiempo más o menos largo de inactividad en el medio de transmisión. En la literatura anglosajona se le conoce como CSMA (*Carrier Sense Multiple Access*), que hace referencia a la escucha del medio por todos los nodos que pretenden acceder a éste.

Antes de comenzar la descripción del protocolo, recordaremos que se produce una «colisión» en el medio siempre que dos o más nodos emiten simultáneamente, pues se mezclan las dos informaciones y el resultado es irrecuperable.

El método de CSMA/CD, detección de colisión, consiste en emitir inmediatamente después del final del paquete que se está transmitiendo y seguir recibiendo lo que se transmite por el medio para verificar que coincide con aquello que se está emitiendo, pues si no coincide significa que se ha producido una colisión y se debe dejar de emitir inmediatamente. El tiempo de espera tras la colisión es aleatorio, y el máximo es directamente proporcional al número de colisiones que se han producido al intentar emitir el paquete. De esta forma, en bajas condiciones de carga del medio la reemisión se hará rápidamente, y sólo en condiciones de saturación muy altas

se esperará mucho tiempo para reemitir. Este es el método empleado en el protocolo Ethernet y permite un aprovechamiento del medio de más del 90 %.

Entrega del «micrófono»: testigo

Es el método adoptado por IBM para las redes locales en anillo y uno de los recomendados por el IEEE 802 para acceder a redes en anillo o bus.



Los computadores portátiles pueden utilizarse en cualquier lugar y tiempo, ya que el tamaño es tan reducido, que permite una gran maniobrabilidad y fácil alimentación. El modelo de la ilustración permite todo lo citado, además de su fácil adaptación a los dispositivos periféricos, como el adaptador acústico para el envío de información vía telefónica. (Cortesía: Epson).

El nodo supervisor se encarga de poner un testigo en el anillo y de que siempre haya al menos uno circulando. Cuando un nodo desea enviar un paquete se guarda el testigo y en su lugar envía el mensaje, devolviendo el testigo al anillo inmediatamente después del mensaje. Así se consigue que el testigo actúe como farolillo de cola del tren de paquetes que va circulando por el anillo. Puesto que mientras se posee el testigo se emite sin recibir, se pierde

todo lo que hubiera en el anillo después del testigo, con lo que se eliminan automáticamente los paquetes viejos. No obstante, si el anillo es muy grande y no está muy sobrecargado, puede recibirse intacto el paquete emitido, en cuyo caso debe ser eliminado del anillo para evitar que sea recibido por duplicado en el nodo destino.

LAS NORMAS INTERNACIONALES

En este apartado, tras haber descrito las posibilidades de interconexión de computadores que la técnica y la ciencia nos ofrecen, vamos a ver cuáles son los procedimientos recomendados por los organismos internacionales dedicados a ello, después de introducirlos brevemente.

Fundamentalmente existen cuatro organizaciones internacionales con capacidad y credibilidad a la hora de dictar normas o recomendaciones en el campo de la telemática. En general no tienen ninguna fuerza legal y nadie está formalmente obligado a seguir sus recomendaciones, pero al ser éstas adoptadas por la mayoría de los fabricantes resulta económicamente ventajosa la adhesión a las normas, pues tanto los circuitos como los programas con ellas compatibles se amortizan más fácilmente en el mercado.

ISO: Organización Internacional de Normalización

Esta es probablemente la más conservadora de todas, lo cual hace que sus normas sean adaptaciones de recomendaciones aprobadas por algún otro organismo.

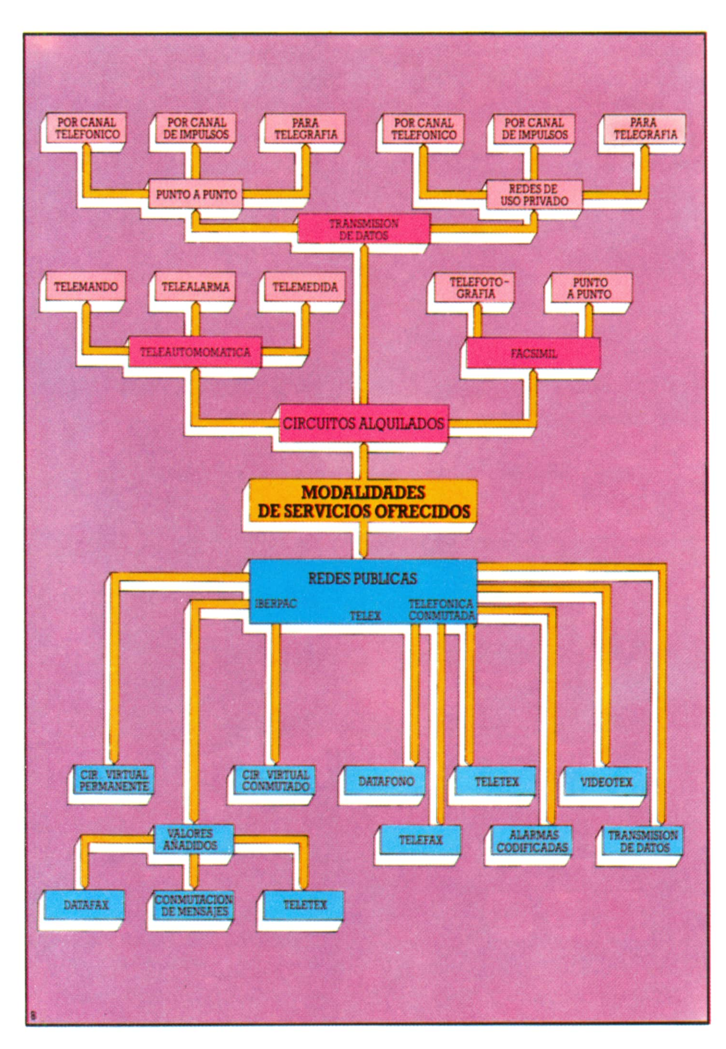
La más conocida de las normas emitidas en este campo es la que determina el modelo de referencia para la interconexión de sistemas abiertos (OSI), que define los famosos siete niveles de protocolos de comunicación a los cuales se han adaptado el resto de normalizadores.

CCITT: Comité Consultivo Internacional para Telegrafía y Telefonía

Como su nombre indica se limita a normas de comunicación sobre redes telefónicas y telegráficas, lo cual en Europa

significa redes públicas. Sus miembros son representantes de las administraciones de las compañías telefónicas y telegráficas, y su interés radica en la necesidad de utilizar normas internacionales para comunicarse de un país a otro.

Aparte de las normas empleadas para modular la señal, las normas de teleinformática más conocidas son:



Representación mediante un diagrama de bloques, de la interconexión entre las redes públicas Iberpac, Télex y Telefónica Conmutada, así como los tipos de servicios que pueden ofrecer. (Cortesía: Telefónica).

V.24: Para la conexión de un terminal a la red, que se emplea universalmente para la comunicación física entre terminales y computadores.

X.21 y X.35: Para la conexión física de terminales a las redes de conmutación de paquetes.

X.25: Para comunicación entre computadores a través de una red de conmutación de paquetes con topología de malla.

X.75: Para la interconexión de redes X.25. Empleada en los enlaces internacionales de las redes de conmutación de paquetes y en general por los terminales conectados a la red mediante varios enlaces.

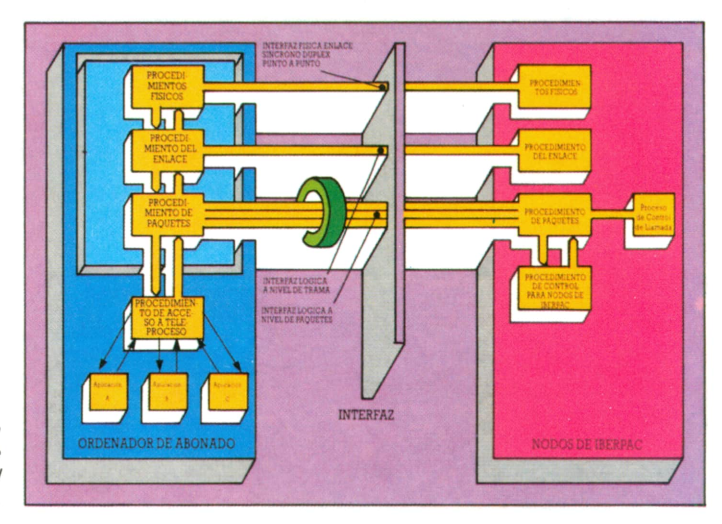
X.3, X.28 y X.29: «La triple X», empleada para comunicar terminales en modo carácter a redes en modo paquete.

S.70 y S.62: Protocolos de transporte y sesión, respectivamente para la comunicación entre terminales teletex.

X-400: Protocolos para la comunicación entre los sistemas de manejo de mensajes (MHS).

ECMA: Asociación Europea de Fabricantes de Computadores

Como su nombre indica está formada exclusivamente por



Estructura general, representada mediante un diagrama de bloques, de la interfaz X – 25 en la red Iberpac.

representantes de fabricantes europeos de computadores. Esta estructura le da una agilidad envidiable por muchas otras organizaciones internacionales, más multitudinarias o más volubles.



El sistema portátil Taurus de la firma Infos está preparado para aceptar la introducción de datos en supermercados, grandes almacenes y tiendas que requieran un control informático exaustivo. En la parte inferior se observa el lector del código de barras, y a la derecha un microcomputador de maleta con acoplador acústico bidireccional e impresora alfanumérica, que permite gestionar archivos y posee actualización automática a distancia, con tabulación en modo local.

Esta agilidad le permite cubrir absolutamente todos los aspectos imaginables para la comunicación entre computadores, desde el señor con el disco duro o flexible hasta las redes locales o públicas, en todas sus versiones y niveles, desde el físico hasta la presentación en terminales o la transferencia de ficheros.

Hay que tener presente que los sistemas informáticos van evolucionando, y que los fabricantes han de irse adaptando a las nuevas tecnologías para no perder mercados.

IFIP: Fundación Internacional para el Procesado de la Información

Esta organización está formada por científicos y está orientada a proporcionar el soporte teórico previo a la confección de una normativa internacional por parte de otras organizaciones más prácticas.

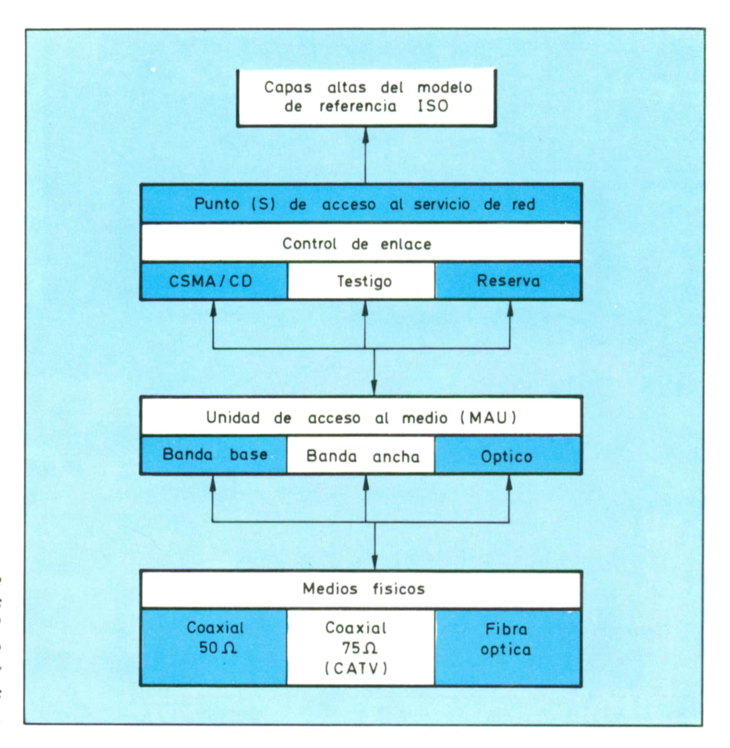


Figura 44. Resumen de las opciones contempladas por la norma IEEE 802 (Norma del Instituto de Ingenieros Electrónicos y Eléctricos de Estados Unidos).

Sus trabajos relacionados con teleinformática se limitan a los niveles más altos del modelo de referencia de la ISO. Es de destacar su trabajo en la especificación de sistemas de correo electrónico y en la definición de documentos electrónicos basados en los medios: alfanumérico, gráficos, imágenes y voz, por citar los aspectos más importantes de su actuación.

IEEE: Instituto de Ingenieros Electrónicos y Eléctricos

En realidad es una organización de EE.UU. con ramificaciones en otros países. Su prestigio a nivel científico y tecnológico es enorme y ello hace que sus recomendaciones sean tenidas en cuenta por otros organismos internacionales más vinculantes (ISO, CCITT, ECMA).

Su trabajo más importante en este campo trata acerca de las redes locales con la norma 802. Esta norma abarca tres aspectos de la comunicación, que corresponden a los tres niveles inferiores del modelo de referencia de ISO (8), más el medio físico de conexión (figuras 44 y 45).

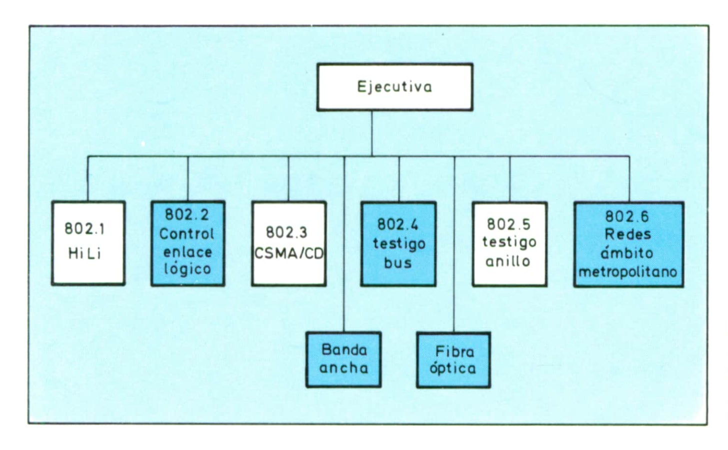


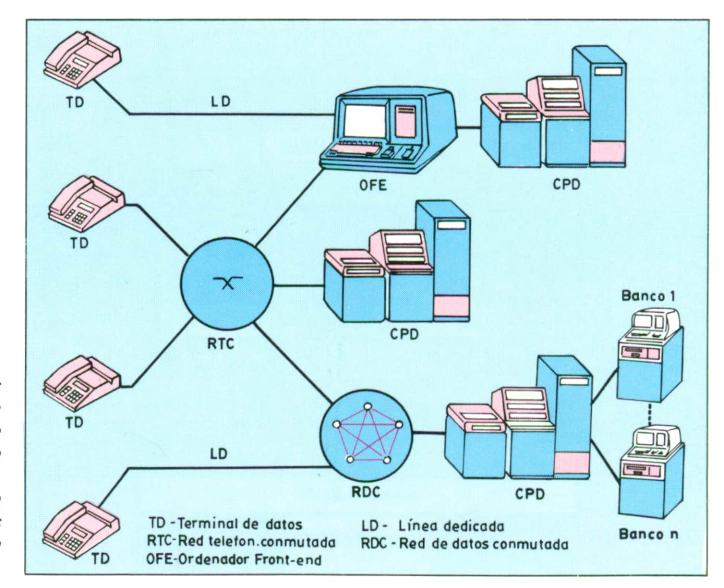
Figura 45. Organización de los grupos de trabajo que participan en la elaboración de la norma IEEE-802.

Protocolos de control del enlace de datos

La capa superior de los protocolos contemplados por la norma corresponde al nivel 2-3 del modelo de referencia de ISO, pues la interconexión total de las topologías y la posibilidad de enviar paquetes multidestino (*multicast*) u omnidestino (*broadcast*), hacen prácticamente innecesario el nivel de red (3) del modelo de referencia de ISO. Los protocolos recomendados en esta capa realizan la función de controlar el enlace de datos (*data link control*) y pueden ser tres:

1) CSMA/CD, descrito anteriormente, proporciona compatibilidad con la norma Ethernet.

2) Entrega de testigo, ya explicado, permite a las redes locales garantizar un tiempo máximo de retraso en la transmisión de un paquete. Este aspecto constituye la principal crítica al protocolo Ethernet, pues es un requisito imprescindible para soportar comunicaciones en tiempo real, como el teléfono o el video. Además, este protocolo no impone ninguna restricción a la longitud mínima de los paquetes.
3) Reserva, también descrito, aún no se ha aprobado la versión definitiva de este protocolo de acceso al medio.



Conexiones más importantes de un terminal de datos que actúa como centro de proceso de datos. Obsérvese la relación entre los elementos periféricos que están interconectados.

Protocolos de nivel físico

También en este nivel se han recomendado tres opciones:
1) Banda base con codificación de reloj y datos en el código Manchester. Es el protocolo empleado en la norma Ethernet.
2) Banda ancha (*broadband*), consiste en emplear la técnica de multiplexión en frecuencia para aprovechar mejor la capacidad de transmisión del cable. Por este método se

pueden comunicar los nodos de la red local a través de instalaciones de video, asignando un canal de televisión para transmitir los datos de una red. Puesto que la multiplexión en frecuencia permite transmitir decenas de canales simultáneamente por el mismo cable, éste puede servir de soporte a varias redes locales con posibilidad de interconectarlas entre sí mediante reemisores o repetidores que trabajen a dos o más frecuencias. Tiene la ventaja de que se puede reducir el número de nodos que compiten por conseguir el uso del medio físico y, en



Sistema financiero de comunicaciones CBS de British Telecom. Es un sistema integrado ultrarrápido de transmisión telefónica de datos, combinado con la selección de datos, acceso al computador y télex en una pantalla TRC en color. La fotografía corresponde a una sala de transacciones del Banco Lloyds de Londres.

contrapartida, el inconveniente de que los transmisores y receptores son más costosos que los de banda base.

3) Optica, tiene la ventaja de la absoluta inmunidad a las interferencias de radiofrecuencia y el inconveniente del precio y de la unidireccionalidad de los puntos de acceso, aunque estas desventajas pronto serán superadas. La norma IEEE 802 aún no ha adoptado una recomendación definitiva para la codificación de los datos en este medio físico de comunicación.



Datáfono o terminal integrado de fonía y datos con impresora. Como vimos en el libro n.º 7 (La Electrónica e Informática en la Banca), su uso tiende a extenderse rápidamente en todo tipo de establecimientos comerciales.

Medio físico

La norma IEEE 802 permite el uso de tres medios físicos para comunicar los nodos de la red local:

1) Cable coaxial de 50 Ω, es el empleado en los sistemas Ethernet. Versión mejorada del típico RG 8 de radiofonía, con varias mallas concéntricas para aumentar el aislamiento y recubrimiento ignífugo.
   Los Datáfonos, sobre los que ya dimos información en el libro n.º 7 (La Electrónica e Informática en la Banca), y que tanta utilidad van a tener en un futuro inmediato, utilizan un medio físico para el transporte de información; actualmente es el cable telefónico.

2) Cable de televisión de 75 Ω, (CATV), como el empleado en las instalaciones de antenas colectivas; es mucho más económico que el anterior y tiene una atenuación mucho mayor, lo que no le permite cubrir distancias tan grandes.
3) Fibra óptica, aún no hay unas especificaciones concretas para este medio de comunicación.

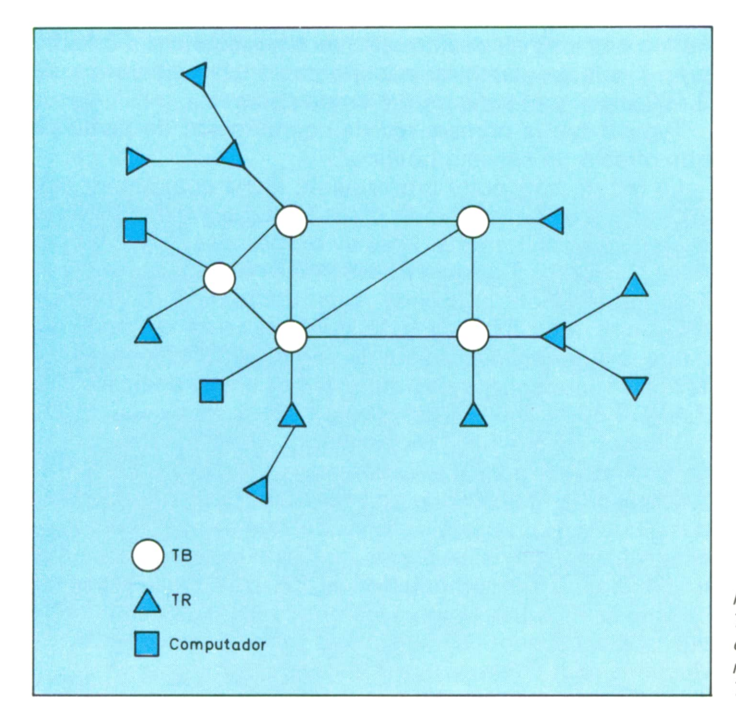


Figura 49. Configuración Tymnet en donde se observan los Thymsat remotos (TR) y los Thymsat base (TB).

ALGUNOS EJEMPLOS DE REDES DE COMPUTADORES

Después de la descripción de los procedimientos utilizables para la interconexión de computadores, vamos a explicar las características más importantes de algunas de las redes de datos más famosas para dar al lector una idea de las posibilidades de los sistemas comercialmente disponibles en la actualidad.

TYMNET

Tymnet empezó a funcionar en 1969 para enlazar los computadores de la compañía Tymshare de tiempo compartido. Tymshare decidió desarrollar su propia red independientemente de los servicios de las compañías telefónicas de EE.UU.

La red Tymnet está orientada principalmente a soportar el tráfico de terminales asíncronos de baja velocidad (<1.200 b.p.s.) aunque también soporta terminales síncronos de 2.400 b.p.s. y el tráfico entre computadores.

Tymnet fue la primera red de conmutación de paquetes que ofreció un servicio público.

La red de transporte propiamente dicha consiste en casi 200 nodos de conmutación constituidos por minicomputadores llamados Tymsats. Los hay de dos clases: los Tymsat Base (TB) y los Tymsat Remotos (TR). Los TB constituyen la interconexión entre los computadores y la red de transporte. Los TR tienen la doble función de nodo de conmutación y concentrador de terminales. Los nodos TB y TR están interconectados entre sí por líneas dedicadas de 2.400, 4.800 y 9.600 b.p.s. (figura 49).

Tymnet utiliza un procedimiento de encaminamiento determinístico para cada llamada. Existe un programa Supervisor (SR) residente en varios computadores, dedicados a tareas de control y supervisión, que decide, basándose en la información de los nodos, cuál es el mejor camino entre un terminal y un computador. El SR para establecer este camino envía información a los nodos para que modifiquen sus tablas de permutación. De esta manera queda establecido un circuito virtual extremo a extremo que consta de canales virtuales, con número distinto, entre cada par de nodos contiguos.

Los mensajes entre terminal y computador o viceversa se agrupan en un bloque que se transmite entre dos nodos contiguos. Este bloque lleva un control de errores por paridades cruzadas y exige una validación positiva en respuesta.

Si tras un cierto tiempo de espera no se ha recibido esta validación se asume que ha habido error de transmisión y se retransmite el bloque. Una vez recibido el bloque se desmembra en sus mensajes componentes, cada uno identificado por su número de canal virtual, y éstos se

agregan en nuevos bloques que siguen su camino por las distintas rutas que parten de este nodo.

Existe un mecanismo de control de flujo pensado para evitar que la transmisión de información en sentido computador-terminal pueda colapsar la red. Así, el terminal por presión hacia atrás va indicando al computador el ritmo al que puede recibir la información.

En Tymnet, como puede observarse, no existe control extremo a extremo de la red de transporte. Este control es responsabilidad del usuario y puede lograrse con la introducción de bits adicionales en el protocolo extremo a extremo.



Gama de equipos de Telemática, capaces de ofrecer las prestaciones más importantes en este campo (sistema Viditel). (Cortesía: Philips).

ARPANET (red arpa)

La red ARPA se proyectó y construyó en los EE.UU. para interconectar computadores desiguales situados en diferentes puntos del país, de forma que cualquier usuario de un centro de cálculo pueda tener acceso interactivo a la información y programas existentes en otros computadores.

La red ARPA se ha desarrollado en dos fases. Desde 1969 a 1975 como red experimental y desde 1975 en adelante como red convencional. ARPA es posiblemente la red de datos sobre la que más se ha estudiado y experimentado. En estos estudios se demostró la viabilidad y economía de la utilización de la conmutación de paquetes, es decir, del almacenamiento y retransmisión, para la transmisión de datos.

Esta demostración se basa en dos puntales: la disminución de los tiempos de proceso de los computadores (nodos de la red) y la disminución relativa del coste de conmutación frente al coste de transmisión.

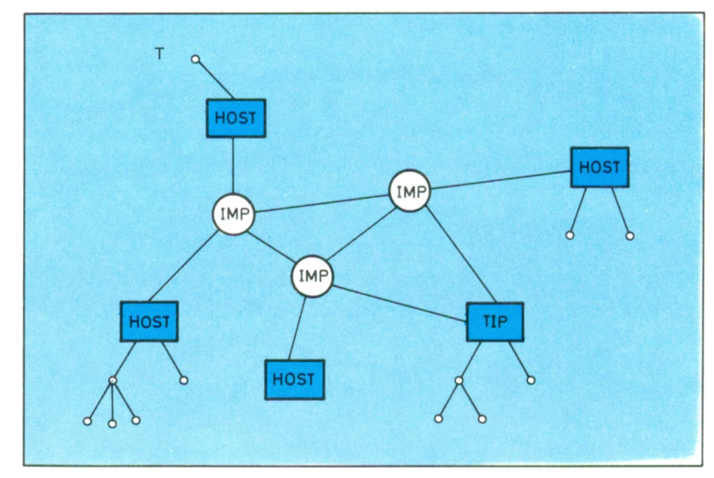


Figura 51. Estructura de Arpanet (red arpa): IMP = Nodo de conmutación; HOST = Computador; T = Terminal; TIP = HOST e IMP simultáneo.

Los objetos de diseño de ARPANET se han orientado a permitir un diálogo interactivo entre terminales, terminales y computadores, y computadores entre sí, con una alta protección frente a fallos y un retardo de red extremo a extremo del orden de 0,2 segundos. La topología de la red se eligió para minimizar los costes y maximizar el crecimiento potencial.

Los nodos —IMP— están constituidos en base a minicomputadores y están interconectados por líneas de alta velocidad. A ellos se conectan los computadores —HOST—, que a su vez tienen terminales conectados (figura 51).

El encaminamiento de la información en ARPANET se hace mediante un algoritmo con control distribuido, de tal manera que cada nodo mantiene una tabla donde se indica cuál es el nodo contiguo al que enviar la información para cada uno de los posibles nodos destino y cuál es el retardo estimado de este camino extremo a extremo. Periódicamente, cada 625 milisegundos como máximo, cada nodo



Una compañía aérea comporta unas labores de gestión complejas, en las que intervienen numerosos factores. En la ilustración se representa unos de los puntos «touchdown» utilizados por British Caledonian Airways y desarrollados por British Telecom. En estos puntos se pueden establecer contactos con pilotos en vuelo y suministrar información a los controladores aéreos.

comunica a sus vecinos el retardo estimado que existe entre este nodo y el resto de los nodos de la red. Así se actualizan todas las tablas de encaminamiento. Este procedimiento es eficiente en redes pequeñas pero presenta serios problemas en redes grandes: excesivo tráfico de control del algoritmo, posibles bucles, lo que ha hecho que se revise completamente en 1979.

IBERPAC

En 1971 se inauguró en España la red especial de transmisión de datos (RETD), rebautizada IBERPAC en

1982. La RETD fue la primera red pública de conmutación de paquetes de Europa, por lo que fue necesario desarrollar procedimientos específicos tanto para el funcionamiento interno como para la conexión de terminales y computadores.

La red de transporte está dividida en dos niveles: los centros de conmutación y retransmisión (CCR) unidos entre sí y la red de acceso, que utiliza concentradores (C) que se unen cada uno a un solo CCR (figura 53).

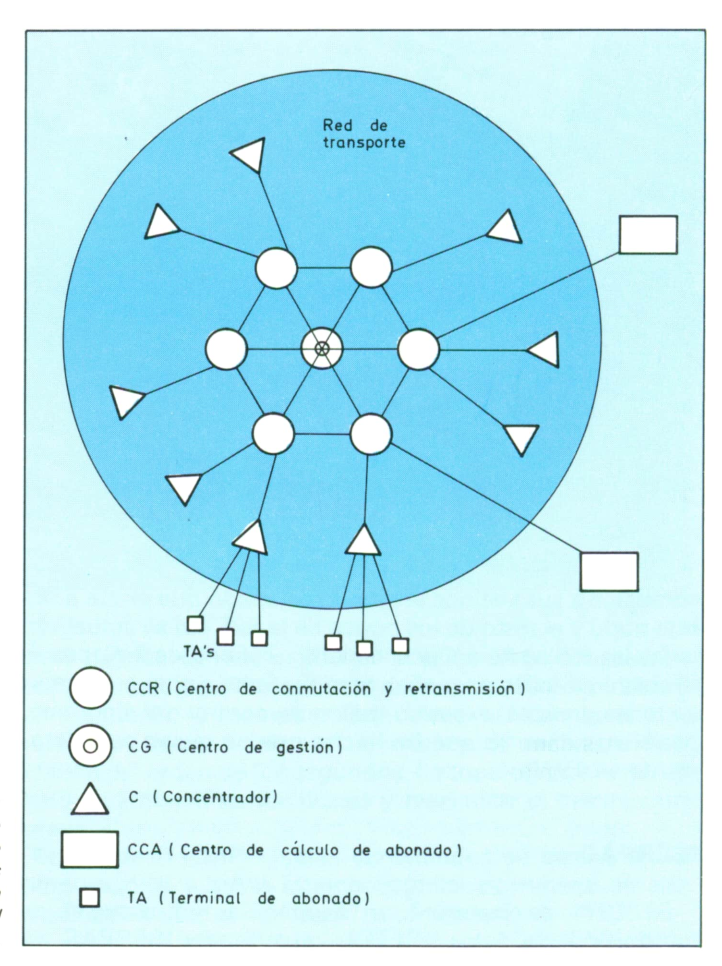
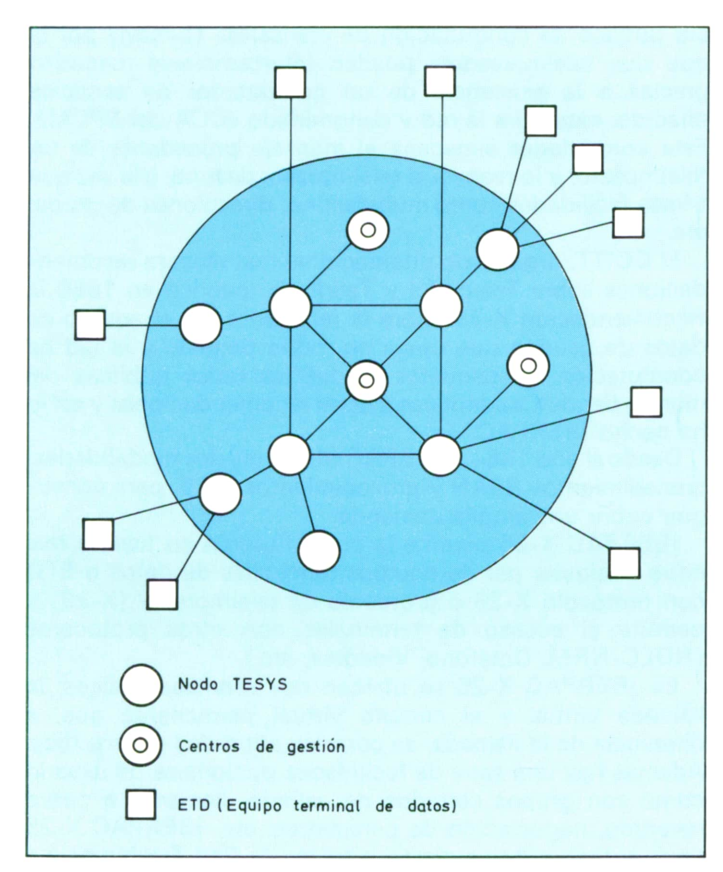


Figura 53. Estructura de la red Iberpac, en donde se relacionan el centro de gestión con los centros subsidiarios que existen hasta llegar al terminal del abonado.



Esquema de la red Iberpac X – 25. Los centros de gestión pueden ser varios y los nodos Tesys recogen la información de los equipos terminales de datos.

Los usuarios de la red tienen dos tipos de equipos: un centro de cálculo de abonado (CCA) que se conecta directamente a un CCR y que trabaja con un protocolo de paquetes denominado RSAN (red secundaria de alto nivel) y unos terminales de abonado (TA) que se conectan al concentrador más cercano y que utilizan alguno de los protocolos soportados por IBERPAC (figura 53).

De esta manera, desde cualquier terminal de un usuario se puede acceder en tiempo real a su centro de cálculo. A esto se le denomina «servicio de tiempo real».

IBERPAC ofrece un segundo servicio denominado «servi-

cio público de conmutación de mensajes» (SPCM) por el que dos teleimpresores pueden intercambiarse mensajes gracias a la existencia de un computador de servicios añadido, externo a la red y denominado «CCA del SPCM». Este computador almacena el mensaje procedente de un teleimpresor y lo reenvía al teleimpresor destino, a la vez que ofrece facilidades como multidestino, direcciones de grupo, etc.

El CCITT, organismo internacional que elabora recomendaciones sobre Telegrafía y Telefonía, publicó en 1980 la Recomendación X-25 sobre la relación entre el equipo de datos de usuario que opera en modo paquete y la red de conmutación de paquetes. Todas las redes públicas del mundo tienden a adaptarse a estas recomendaciones y así lo ha hecho IBERPAC.

Desde el año 1984, IBERPAC ofrece las dos modalidades: procedimientos RSAN y procedimientos X-25, para conseguir cubrir una amplia demanda.

IBERPAC X-25 permite la comunicación en tiempo real entre cualquier par de equipos terminales de datos o ETD con protocolo X-25 o protocolo de teleimpresor (X-28) y permite el acceso de terminales con otros protocolos (HDLC-NRM, Datáfono, Videotex, etc.).

En IBERPAC X-25 se ofrecen dos servicios básicos: la llamada virtual y el circuito virtual permanente que, a diferencia de la llamada, se contrata entre dos puntos fijos. Además hay una serie de facilidades opcionales de usuario como son grupos cerrados de usuario, llamadas a cobro revertido, negociación de parámetros, etc. IBERPAC X-25 tiene acceso punto a punto, a través de Red Telefónica o a través de red Telex y es el medio de transmisión utilizado por los servicios Teletex (intercambio de correspondencia entre terminales) y Videotex (acceso a base de datos mediante un terminal sencillo).

IBERPAC X-25 utiliza un procedimiento de encaminamiento dinámico que actualiza todas las rutas cuando se produce una caída o reincorporación de algún centro o enlace.

Los centros de conmutación utilizados en IBERPAC han evolucionado desde un computador de propósito general UNIVAC a minicomputadores Honeywell-Bull y finalmente multimicroprocesadores TESYS, centros diseñados en España específicamente para conmutación de paquetes.

